

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Optimalizace výroby u vybraných výrobků s cílem zvýšení produktivity na obráběcích
centrech Hermle C32U

Optimizing Production for Selected Products to Increase Productivity at Hermle C32U
Machining Center

Vypracoval:

Jakub Prokop

Vedoucí práce:

Ing. Jiří Lichovník

Ostrava 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Jakub Prokop**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: Optimalizace výroby u vybraných výrobků s cílem zvýšení produktivity
na obráběcích centrech Hermle C32U
Optimizing Production for Selected Products to Increase Productivity at
Hermle C32U Machining Center

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Teoretický rozbor daného problému.
3. Návrh řešení dané problematiky.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

ZAJAC, J.; JURKO, J.; ČEP, R. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.


MRKVICA, M. *Přípravky a obráběcí nástroje: I. díl, Řezné nástroje*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava. 2006. ISBN 80-7078-941-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Lichovník**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018


doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 21. Května 2018



Jakub Prokop

Prohlašuji, že

- jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ustřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním, užít toto dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše)
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. Května 2018



Jakub Prokop

Jméno a příjmení autora práce: Jakub Prokop

Adresa trvalého pobytu autora práce: Brničko 177, 789 75 Brničko u Zábřeha

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

PROKOP, J. *Optimalizace výroby u vybraných výrobků s cílem zvýšení produktivity na obráběcích centrech Hermle C32U*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2018, 61 s. Vedoucí práce: Lichovník, J.

Bakalářská práce pojednává o optimalizaci výroby na obráběcím centru Hermle C32U. Teoretickým rozbořem daného problému. Návrh řešení dané problematiky, zlepšení výroby dvou zvolených zástupců nástrojů na této fríze vyráběných. Výrobě polotovarů pro nástroje, popis stávajícího stavu a úvaha za účelem jeho zlepšení. Provedení technicko-ekonomického zhodnocení optimalizace výroby, odstranění zbytečných časových mezer, snížení nákladů, navržení technických zlepšení. V závěru je provedeno shrnutí zjištěných údajů a analýza nákladů.

Klíčová slova: optimalizace, obrábění, Pramet, Dormer Pramet Tools s.r.o

ANNOTATION BACHELOR THESIS

PROKOP, J. *Optimizing production for Selected Products to Increase Productivity a Hermle C32U Machining Center*. Ostrava: VSB – Technical University of Ostrava, Faculty of Engineering, Department of Machining and Assembly 2018, 61p. Supervisor: Lichovník, J.

Bachelor thesis deals with the optimization of production at Hermle C32U Machining Center. Teoretical analysis of given problem. Proposal solution of given problematics, improving production of two selected machining tools on this Machining Centre manufactured. About production of semi-finished products for machining tools. Execution of technological-economic evaluation of production optimization, eliminating unnecessary downtimes, lowering of costs, proposing of technological improvements. In conclusion is done summary of achieved informations, and alalysis of costs.

Keywords: optimization, machining, Pramet, Dormer Pramet Tools s.r.o

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	9
Úvod	11
I. Teoretická část.....	12
1. Dormer Pramet Tools s. r. o.	12
1.1 Dormer historie.....	12
1.2 Pramet historie.....	12
2. Optimalizace obráběcích podmínek	13
2.1 Rozdělení optimalizace	13
2.3 Postup při optimalizaci.....	14
2.4 Dělení optimalizace dle složitosti podmínek řezání	14
2.5 Realizace optimalizace řezných podmínek.....	14
2.6 Technická omezení optimalizace řezných podmínek	15
3. Technologické charakteristiky obráběcího procesu	16
3.1 Obrobek	16
3.2 Nástroj	17
3.2.1 Prvky nástroje.....	17
3.2.2 Nástrojové plochy.....	17
3.2.3 Nástrojové ostří	17
4. Geometrie obráběcích nástrojů.....	19
4.1 Rozdělení nástrojových rovin.....	19
4.2 Rozdělení pracovních rovin.....	20
5. Třískové obrábění.....	21
5.1 Frézování	21
5.1.1 Nástroje pro frézování (frézy)	24
5.2 Vrtání, vyhrubování, vyvrtávání a vystružování.	25
5.2.1 Vrtání.....	25
5.2.3 Vystružování	26
5.2.4 Vyvrtávání	26
6. 3, 4 a 5 osové obrábění	27
6.1 3 osé obrábění.....	27
6.2 4 osé souvyslé obrábění.....	27
6.3 4 osé indexované obrábění	27
6.4 5 osé souvyslé obrábění.....	27
6.5 5 osé obrábění (3+2 osé obrábění).....	28
II. Praktická část.....	28

7.	Stroj	29
8.	Postup výroby fréz.....	30
9.	Rozbor zvolených nástrojů pro optimalizaci	32
9.1	Nástrčná fréza.....	32
9.2	Stopková fréza.....	33
9.3	Současný výrobce polotovarů.....	34
10.	Nástroje používané k obrábění zadaných výrobků.....	35
10.1	Programy výroby stopkové frézy a použité nástroje	35
10.1.1	První program.....	35
10.1.2	Druhý program	35
10.1.3	Třetí program.....	35
10.1.4	Čtvrtý program	36
10.2	Programy výroby nástrčné frézy a použité nástroje	37
10.2.1	První program.....	37
10.2.2	Třetí program.....	38
10.2.3	Čtvrtý program	38
11.	Rozbor používaných nástrojů k výrobě fréz.....	39
11.1	Kulová fréza krátká KERU	39
11.2	Válcová fréza toroidní krátká TURU	40
11.3	Válcová fréza toroidní dlouhá HYRU	41
11.4	Kulová fréza krátká HERU	42
11.5	Válcová fréza krátká MIRU	43
11.6	Bodový navrtávák Guhring	44
11.7	Vrták Walter Tools.....	45
11.8	Závitník Walter Tools	45
12.	Návrh výhodnější alternativy výroby fréz.....	46
12.1	Hrubovací fréza S264 firmy Dormer Pramet Tools	46
12.1.1	Výsledky dosažené frézou S264 pro obrábění nástrčné frézy	47
12.1.2	Úpravy drah při obrábění nástrčné frézy	48
12.2	Výsledky při navržených úpravách výroby stopkové frézy	50
13.	Ekonomicko technologické zhodnocení.....	51
13.1	Porovnání starých strojních časů a časů za využití nového nástroje.....	51
13.2	Zhodnocení současného stavu nákladů.....	53
13.3	Srovnání ceny nově navržené frézy a původní frézy.....	54
13.4	Návrhy na zlepšení	55
14.	Závěr.....	56

Použitá literatura:	57
Seznam příloh.....	58

Seznam použitých zkratk a symbolů

A_Y	čelo nástroje	[-]
A_α	hřbet nástroje	[-]
S	hlavní nástrojové ostří	[-]
S'	nástrojové vedlejší ostří	[-]
S_e	pracovní hlavní ostří	[-]
S'_e	pracovní vedlejší ostří	[-]
S_α	aktivní ostří	[-]
S'_α	aktivní vedlejší ostří	[-]
P_r	nástrojová rovina základní	[-]
P_f	nástrojová rovina boční	[-]
P_p	nástrojová rovina zadní	[-]
P_s	nástrojová rovina ostří	[-]
P_o	nástrojová rovina ortogonální	[-]
P_n	nástrojová rovina normálová	[-]
P_g	nástrojová rovina největší spádu čela	[-]
P_b	nástrojová rovina největšího spádu hřbetu	[-]
P_{re}	pracovní rovina základní	[-]
P_{fe}	pracovní rovina boční	[-]
P_{pe}	pracovní rovina zadní	[-]
P_{se}	pracovní rovina ostří	[-]
P_{oe}	pracovní rovina ortogonální	[-]
P_{ne}	pracovní rovina normálová	[-]

P_{ge}	pracovní rovina největšího spádu čela	[-]
P_{be}	pracovní rovina největšího spádu hřbetu	[-]
T	celkový čas	[min]
$T_{nový}$	nový jednotkový čas	[min]
$T_{původní}$	původní jednotkový čas	[min]
$T_{starý}$	starý jednotkový čas	[min]
T_{P1}	čas programu P1	[min]
T_{P2}	čas programu P2	[min]
T_{P3}	čas programu P3	[min]
T_{P4}	čas programu P4	[min]
$T_C\ starý$	starý čas celkový	[min]
$T_{P1nový}$	čas nového programu P1	[min]
$T_{P2nový}$	čas nového programu P2	[min]
$T_{P3nový}$	čas nového programu P3	[min]
$T_{P4nový}$	čas nového programu P4	[min]
$T_C\ Nový$	nový celkový čas	[min]
Z	počet zubů	[-]

Úvod

Optimalizace je proces hledání těch nejvíce vhodných postupů a řešení. Ve zkratce se jedná o nalezení té nejkratší a nejefektivnější cesty k dosažení výsledku, který požadujeme. Při optimalizaci měníme parametry a vstupy, které ovlivňují výsledný produkt, a to ať už se jedná jako například v našem případě, o nákup levnějších nástrojů, polotovarů nebo úpravy programování frézování.

Tato bakalářská práce se zaměřuje na optimalizaci výrobního procesu vybraných fréz a to především na část obrábění na obráběcím centru Hermle C32U. Shrnutí nástrojů používaných v současnosti k obrábění vybraných fréz firmou Dormer Pramet Tools, s.r.o. Šumperk a návržení nové alternativy.

Cílem je zhodnocení současného stavu a následné návrhy na celkové zlepšení výrobních procesů. Zaměření na zlepšení výroby je především na pětiosé obráběcí centrum Hermle C32U, na kterém se provádí operace obrábění zubových mezer a lůžek pro břitové destičky na polotovarech fréz vyráběných firmou SV Olšovec, s.r.o. Dále provedené ekonomicko technické zhodnocení, pro přehlednost a zhodnocení výsledků. Případně návržení úpravy sortimentu a postupů.

I. Teoretická část

Teoretická část práce se zabývá rozбором optimalizačních procesů. Zaměření na frézování, ale i jiné obráběcí procesy, které lze na obráběcím centru uskutečňovat. Nástrojové úhly a osy, ve kterých se obrábí.

1. Dormer Pramet Tools s. r. o.

Uskupení Dormer Pramet vzniklo v roce 2014 spojením výrobce monolitních nástrojů Dormer Tools a společnosti Pramet Tools, která se specializuje na výrobu fréz s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutého karbidu.

1.1 Dormer historie

- 1920 založeno H. A. Dormerem a L. Robertsonem v Sheffieldu v Anglii,
- 1924 registrace obchodní značky Dormer,
- 1950 Dormer se stává prvním manufakturním výrobcem vrtáků v Evropě
- 1993 Dormer se stává částí skupiny Sandvik.
- 2014 Spojení s firmou Pramet.

1.2 Pramet historie

- 1933 společnost Stellwag začíná produkci nástrojů z přírodních diamantů a cementovaných karbidů v Šumperku,
- 1950 Pramet začíná výrobu slinutých karbidů v Šumperku,
- 1998 Pramet se stává součástí skupiny Sandvik,
- 2014 Spojení s firmou Dormer Tools.



Obr. 1.1 Budova firmy Dormer Pramet Tools v Šumperku

2. Optimalizace obráběcích podmínek

Optimalizací pracovních podmínek chápeme jako hledání nejlepšího postupu či řešení, za účelem co nejúčinnějšího využívání stroje a nástroje. Správná optimalizace vede k možnému snížení výrobních nákladů, snižování výrobních časů a také ke zvyšování zisků. Důležité je ovšem stanovit danou konkrétní optimalizovanou oblast a na tu se zaměřit, díky tomu všemu je tedy poté možné dosáhnout lepší hospodárnosti procesu obrábění. [1]

2.1 Rozdělení optimalizace

Optimalizaci samotnou můžeme rozdělit vzhledem k jejímu provedení a dle strojů, na kterých chceme optimalizaci provádět.

- optimalizace konvenční: optimalizace řezných podmínek před vlastním obráběním (prováděno především u univerzálních strojů, NC/CNC strojů a u strojů, které nemají adaptivní řízení),
- optimalizace adaptivní: optimalizace řezných podmínek probíhá během samotného procesu obrábění (u strojů, které mají adaptivní řízení systému AC). [1]

2.2 Použití metod optimalizace

- Metoda konvenční – slouží ke zkrácení časů obrábění, zvyšování trvanlivosti nástrojů, za účelem zlepšení efektivnosti obrábění, ke zlepšení stability obrábění (např. ke snížení chvění při samotném obrábění) apod. Tato metoda je přímo začleněna v samotném CAD/CAM systému a optimalizace se provádí v rámci postprocesingu. [1]
- Metoda adaptivní – Využívá automatické provozní diagnostiky BOS, která měří pozorované hodnoty pomocí měřicích sond, během vlastního obrábění. Systém má dohled nad celým procesem obrábění jako úprav velikostí sil, nebo utváření třísek. Změny v procesu obrábění v_t , v_c , a_t , f_{ot} apod. jsou prováděny optimalizačně adaptivním řízením. [1]

2.3 Postup při optimalizaci

- Zvolení nejvhodnějších podmínek (axiální hloubka řezu, posuv, řezná rychlost, radiální hloubka řezu, počet záběrů, řezné prostředí, způsob upnutí, řezivost nástroje),
- zvolení optimalizační strategie (mikroekonomická nebo makroekonomická),
- zvolení nejvhodnějšího nástroje (nejvhodnější z hlediska bezpečnosti, z hlediska výkonnosti),
- zvolení co největších hloubek řezu pro každou operaci (Volba tak, aby bylo potřeba co nejmenšího počtu záběrů. Toto omezují parametry stroje.),
- zvolení co největšího posuvu pro každou operaci,
- ověření hloubek řezů a posuvů,
- zvolení vhodných kritérií pro optimalizaci (z hlediska nákladů nebo produktivity),
- upravení řezných rychlostí. [1]

2.4 Dělení optimalizace dle složitosti podmínek řezání

- Optimalizace řezných podmínek pro jeden nástroj,
- optimalizace řezných podmínek pro jeden obrobek se snížením počtu nástrojů,
- optimalizace řezných podmínek na více strojích, které jsou vázány taktem výroby (automatické výrobní linky),
- optimalizace řezných podmínek na více strojích, které jsou vázány organizačně. [1]

2.5 Realizace optimalizace řezných podmínek

- A) Podle optimalizačních kritérií:
 - kritérium z hlediska úběru materiálu,
 - kritérium z hlediska produktivity,
 - kritérium z hlediska výrobních nákladů,
 - kritérium z hlediska zisku. [1]
- B) V rámci podmínek, které omezují dané výrobní podmínky:
 - jednotlivé parametry výkonu stroje omezující obrábění (posuv, otáčky, výkon),
 - řezivost materiálů a mechanické namáhání nástroje (průhyb),
 - kritérium výrobnosti/minimální náklady. [1]

2.6 Technická omezení optimalizace řezných podmínek

Technická omezení při optimalizaci řezných podmínek samozřejmě ovlivňují samotný proces optimalizace. Jsou to např. parametry stroje na kterém obrábíme, vlastnosti obráběného materiálu apod. Proto technická omezení dělíme na:

- výkon stroje (Prioritní omezení, max. zatížení je dáno výrobcem, při pozdějších dokončovacích operacích už není tak významný. Pro Obráběcí centrum Hermle je nejdůležitější výkon stroje při hrubovacích operacích.),
- otáčky stroje,
- posuv stroje,
- průhyb stroje (jeho pevnost),
- utváření třísky,
- přesnost obrábění dané obráběné plochy,
- obrobitelnost materiálu,
- řezivost nástroje,
- kroutící moment a upínací síla,
- pevnost a kvalita upnutí. [1]

3. Technologické charakteristiky obráběcího procesu

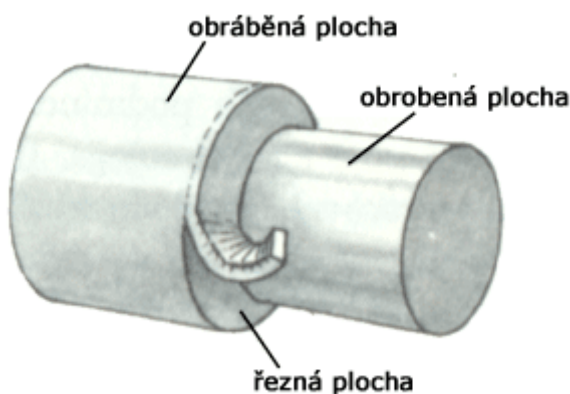
Obrábění je proces, který se realizuje v obráběcím systému. Lze jej obecně členit na subsystemy obráběcích strojů, řezných nástrojů, manipulačních prostředků a prostředí, ve kterém obrábíme. Objekt samotného obrábění je obrobek a výstupem obrábění jsou obrobené plochy na obrobku. [2]

Při obrábění dochází k řezání, neboli řeznému procesu, toto se specifikuje jako oddělování částic materiálu obrobku břitem nástroje. Je to proces fyzikálně-chemického oddělování materiálu. [2]

3.1 Obrobek

Obrobek je charakterizován obráběnou plochou, obrobenou plochou a plochou řezu, tedy aspoň z geometrického hlediska. [3]

- Obráběná plocha (část povrchu, která je mechanicky odstraňována, jedná se tedy o obráběný rozměr obrobku),
- obrobená plocha (tato plocha vznikne po samotném procesu obrábění, je to plocha vzniklá působením řezného nástroje),
- plocha řezu (neboli přechodová plocha, je to plocha, která vzniká v místě kontaktu ostří řezného nástroje a obrobku během procesu obrábění). [3]



Obr. 3.1 Plochy obrobku

3.2 Nástroj

Je člen realizující společně s obrobkem řezný proces. Jeho hlavní identifikátory jsou prvky ostří a jeho rozměry, nástrojové plochy a jejich úhly. [2,3]

3.2.1 Prvky nástroje

- Těleso - vlastní část nástroje, na které jsou elementy ostří (ať už vytvořené přímo na tělese, nebo připevněné v podobě výměnných břitů),
- stopka - upínací část nástroje, slouží k upnutí nástroje do upínacího členu,
- břit - je ohraničen čelen a břitem, je to prvek řezné části nástroje klínovitého tvaru, který vniká do obrobku,
- základna - není jednoznačně dána u všech nástroju. Je to plocha na stopce sloužící k správnému umístění a orientaci nástroje,
- řezná část – je to část nástroje, ve které jsou zahrnuty prvky zodpovědné za tvorbu třísky (hlavně čelo, ostří a hřbet), v případě že má nástroj více břitů má každý břit svou řeznou část. [2,3]

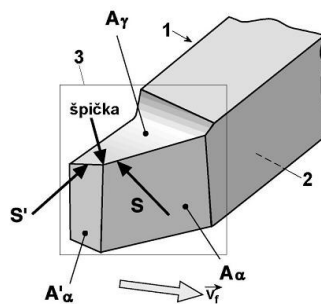
3.2.2 Nástrojové plochy

Plochy nástrojů se označují písmenem A a indexem, který je z řecké abecedy a označuje druh plochy. Plochy, které znázorňují vedlejší ostří, se poté označují přidáním čárky např. A'_α . [1,2]

- A_γ = čelo nástroje, po této ploše nebo souhrnu ploch odchází tříska,
- A_α = hřbet nástroje, je souhrn ploch nebo plocha, které směřují při řezném procesu směrem k ploše obrobku,
- utvařeč třísky = plocha, která je určena k tvarování, svinování a lámání třísky. Může být tvořen buď vhodným tvarováním čela, nebo přiložením na čelo nástroje (utvařeče), [1,2]

3.2.3 Nástrojové ostří

Nástrojové ostří je prvek realizující samotný proces řezání, označuje se písmenem. Hlavní nástrojové ostří je označováno písmenem S, ostatní za použití písmena S a indexů či čárek, v případě vedlejších.



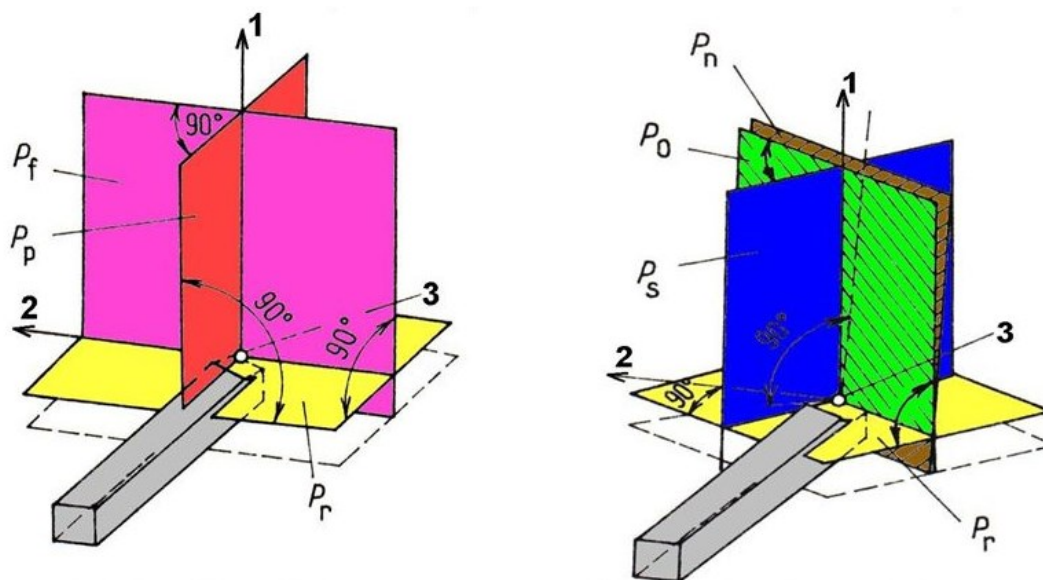
Obr 3.2 Obrázek rozboru nástrojového ostří [9]

- S = hlavní nástrojové ostří, v případě ostré špičky začíná hlavní ostří na této špičce, jinak je to část ostří, která začíná v bodě kde nástrojový úhel je roven nule a která by měla sloužit k vytváření přechodové plochy na obrobku,
- S' = nástrojové vedlejší ostří je část, kde nástrojový úhel nastavení ostří je roven nule (ve směru hl.ostří),
- S_e = pracovní hlavní ostří je část ostří, která začíná v bodě, kde pracovní úhel nastavení je roven nule a která má posloužit při tvoření přechodové plochy daného obrobku. Pokud má daný nástroj ostrou špičku tak toto ostří začíná právě v ní. U rovinného frézování se jako hlavní ostří bere celé ostří jako takové,
- S'_e = pracovní vedlejší ostří, část ostří, kde pracovní úhel nastavení hlavního ostří je roven nule, ale ve směru od pracovního hlavního ostří. Při vytváření přechodové plochy na obrobku se nezapojuje. U některých nástrojů může být více vedlejších pracovních ostří,
- S_α = aktivní ostří je část, která realizuje řezání. Měří se podél ostří, z bodu kde pracovní úhel je považován za nulový,
- S'_α = aktivní vedlejší ostří, měří se podél ostří z bodu, kde pracovní úhel nastavení je roven nule až do bodu, kde se protíná vedlejší ostří s povrchem, který již byl obroben,
- špička = nachází se na spojnici hlavního a vedlejšího ostří, je to pouze malá část ostří (relativně), může mít různé tvary (např. zaoblená, nebo přímá),
- uvažovaný bod ostří = je to bod, ve kterém má počátek souřadnicový systém daného nástroje, nachází se na libovolném místě hlavního nebo vedlejšího ostří,
- zaoblené ostří = tvoří jej zaoblený přechod mezi čelní a hřbetní plochou,
- přerušované ostří = nejčastěji u válcových fréz při frézování rovinných ploch. Ostří je přerušované za účelem zamezení nevhodného tvarování třísky. [1,2]

4. Geometrie obráběcích nástrojů

V nástrojové souřadnicové rovině se identifikuje geometrie řezné části nástroje ve statickém pojetí a uplatní se zejména při konstrukci, výrobě, kontrole a ostření. Roviny používané v nástrojové souřadnicové soustavě se nazývají nástrojové roviny. [1,2]

4.1 Rozdělení nástrojových rovin

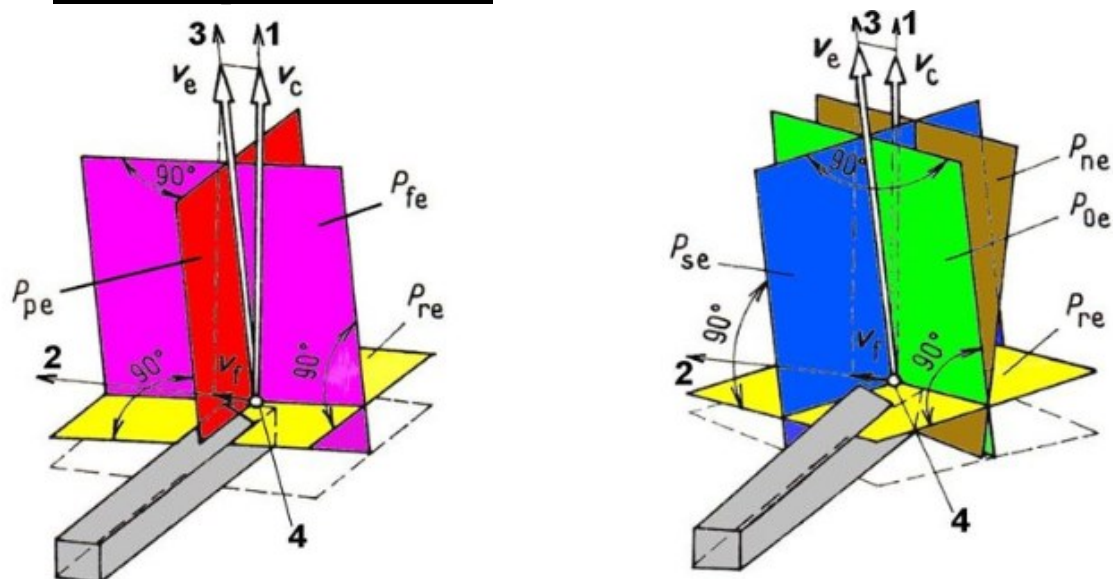


Obrázek 4.1 Znázornění nástrojových rovin [9]

- Rovina základní P_r - prochází uvažovaným bodem ostří, je kolmá na směr hlavního řezného pohybu,
- rovina boční P_f - prochází uvažovaným bodem ostří, je kolmá k rovině základní, orientována ve směru posuvového pohybu,
- rovina zadní P_p - prochází uvažovaným bodem ostří, je kolmá na základní a nástrojovou rovinu,
- rovina ostří P_s - tečná k ostří v uvažovaném bodě ostří, je kolmá na rovinu základní,
- rovina ortogonální P_o - prochází uvažovaným bodem ostří, je kolmá na nástrojovou rovinu základní a nástrojovou rovinu ostří,
- rovina normálová P_n - je kolmá na ostří v uvažovaném bodě ostří, jediná není obecně kolmá na základní rovinu,
- rovina největšího spádu čela P_g - prochází uvažovaným bodem ostří, kolmá na čelo nástroje a základní nástrojovou rovinu,

- rovina největšího spádu hřbetu P_b – prochází uvažovaným bodem ostří, je kolmá na hřbet nástroje a základní nástrojovou rovinu. [1]

4.2 Rozdělení pracovních rovin



Obr. 4.2 Znázorněné pracovní roviny [9]

- Rovina základní P_{re} – je kolmá na předpokládaný směr řezného pohybu,
 - rovina boční P_{fe} – je rovnoběžná směru posuvového pohybu, je kolmá na pracovní rovinu ostří,
 - rovina zadní P_{pe} – je kolmá na základní a pracovní rovinu boční,
 - rovina ostří P_{se} – je to rovina, která je tečná k ostří a je kolmá na pracovní rovinu základní,
 - rovina ortogonální P_{oe} – kolmá na pracovní rovinu základní a rovinu ostří,
 - rovina normálová P_{ne} – kolmá na ostří, tato rovina je totožná s nástrojovou rovinou normální,
 - rovina největšího spádu čela P_{ge} – kolmá čelu nástroje a pracovní základní rovině,
 - rovina největšího spádu hřbetu P_{be} – kolmá na hřbet nástroje a pracovní rovinu základní.
- [1]

5. Třískové obrábění

Tento druh obrábění je takový proces, při kterém nám daný polotovár dostává požadovaný tvar a rozměr finální součásti ubíráním materiálu z povrchové vrstvy. Třískové obrábění lze dělit z různých hledisek, např. podle charakteru práce (ruční metody – pilování, řezání atd. , strojní metody). Strojní metody třískového obrábění dělíme dle charakteristických znaků na: [4]

- nástroje s definovanou geometrií,
- nástroje s nedefinovanou geometrií,
- nekonvenční metody třískového obrábění,
- úpravy obrobených ploch. [4]

Hlavní rozdělení třískového obrábění:

- frézování,
- soustružení,
- vrtání, vyhrubování, vyvrtávání a vystružování,
- hoblování a obrážení,
- protahování a protlačování,
- broušení,
- nekonvenční metody. [4]

Zaměříme se tedy hlavně na činnosti, které lze provádět na obráběcím centru Hermle a to hlavně na frézování a vrtání.

5.1 Frézování

Frézování je velmi rozšířená metoda obrábění. Velká výkonost při vysoké kvalitě obrábění. Frézují se tvary ať už hranolové, rovinné, tvarové, nebo rotační součásti. Dále se také frézují závity, nebo ozubení.

Obrábění probíhá odebíráním třísek pomocí rotujícího nástroje (frézou). Z toho plyne, že hlavní pohyb při frézování je pohyb rotační prováděný nástrojem. Posuv je poté pohyb vedlejší, obvykle přímočarý. Moderní stroje mají posuvy plynule měnitelné a mohou se provádět ve více směrech záraz (víceosá obráběcí centra). Řezný proces při frézování není plynulý, je přerušovaný, protože každý zub frézy odřezává třísky většinou proměnlivé

tloušťky. Z toho vyplývá snaha dosáhnout konstantní tloušťky třísky úpravami rychlostí během samotného procesu obrábění.

Podle polohy osy nástroje dělíme frézování na:

- obvodové,



Obr. 5.1 Obvodové frézování rovinné plochy válcovou frézou. (c5)

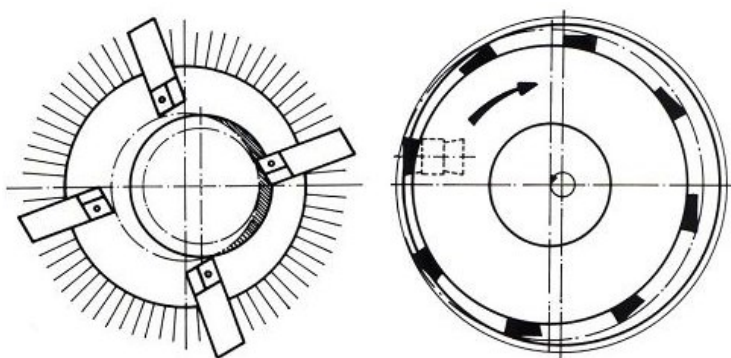
- čelní.



Obr. 5.2 Čelní obvodové rovinné frézování válcovou čelní frézou. [5]

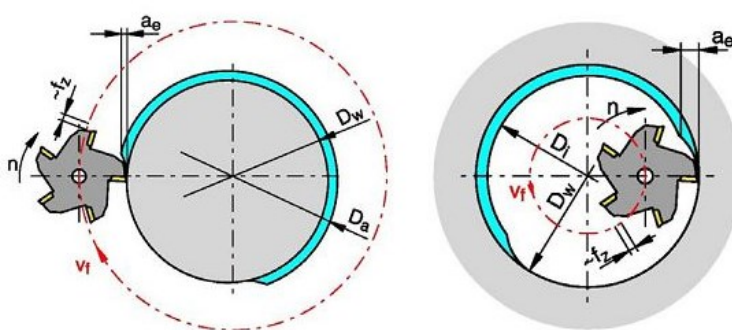
Od těchto dvou základních poloh se poté odvozují další způsoby frézování:

- okružní,



Obr. 4.3 Okružní frézování vnější a vnitřní. [6]

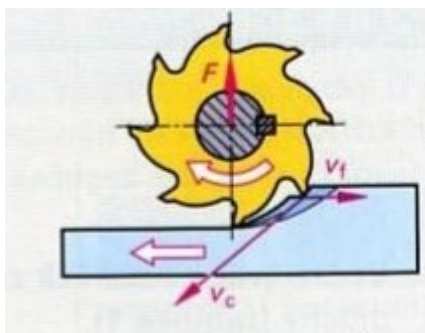
- planetové.



Obr. 4.4 Planetové frézování vnější a vnitřní. [6]

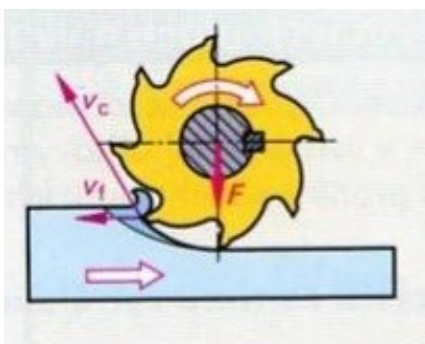
V závislosti na smyslu otáčení nástroje rozlišujeme dva druhy válcového frézování:

- sousledné – rotace nástroje je při sousledném frézování taková, že se ostří pohybuje ve směru posuvu obrobku. Tloušťka třísky při tomto obrábění je od největší hodnoty k nejmenší. Výhody tohoto obrábění jsou zlepšení trvanlivosti nástrojů, vyšší řezné rychlosti a nižší potřebný výkon při obrábění, obrobená plocha má lepší jakost než při nesousledném obrábění. [4]



Obr. 4.5 Sousedné frézování

- nesousledné – frézování probíhá tak, že se ostří v tomto případě posouvá proti směru posuvu obrobku. Tloušťka třísky při tomto obrábění jde od nejmenší hodnoty po největší. Výhody tohoto obrábění je záběr zubu, který nezávisí na hloubce řezu. Z toho plyne menší opotřebovávání strojů. [4]



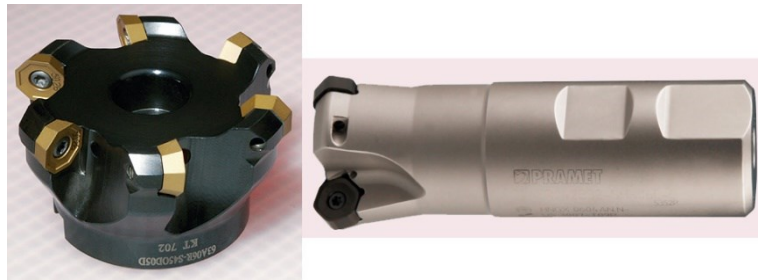
Obr. 4.6 Nesousledné frézování

5.1.1 Nástroje pro frézování (frézy)

Fréza je několika břitý nástroj, na němž jsou uspořádány břity do tvarů válcových, kuželových a jiných tvarových ploch. Čelní frézy mají ostří i na čelní ploše. Jelikož je tato technologie velmi rozsáhlá je fréz velmi mnoho druhů. Vyráběné frézy lze dělit dle různých hledisek:

- podle ploch na kterých je ostří – ty se dále dělí na válcové, čelní a válcové čelní,
- podle materiálu ze kterého jsou vyrobeny – rychlořezná ocel, slinuté karbidy, cermety, řezné keramiky, KNB a PKD,
- podle způsobu výroby zubů – se zuby frézovanými, podsoustruženými,
- podle směru zubů – levé či pravé, s přímými zuby nebo se zuby ve šroubovici,
- podle počtu zubů – jemnozubé, polohrubozubé, hrubozubé,
- podle konstrukčního uspořádání – celistvé, s vyloženými zuby, s vyměnitelnými břitovými destičkami,

- podle způsobu upnutí – nástrčné, stopkové,
- podle geometrického tvaru funkční části – válcové, kotoučové, úhlové, drážkovací, kopírovací, radiusové, na výrobu ozubení,
- podle smyslu otáčení – pravořezné a levořezné,
- podle způsobu upnutí – hydraulický upínač, upínač modulární se závitem. [4]



Obr. 4.7 Nástrčná a stopková fréza pro rovinné frézování. [7]

5.2 Vrtání, vyhrubování, vyvrtávání a vystružování.

Jsou to technologie sloužící k obrábění děr. V obvyklé výrobě jsou tyto procesy velmi časté. Tvary obráběných děr mohou být různé, nejméně náročná je výroba rotačních děr, ty jsou také ve strojírenství nejčastější. [4]

5.2.1 Vrtání

Zhotovování děr do plného materiálu, nebo zvětšování již předpracovaných děr. Nástrojem je vrták, který koná hlavní (rotační) pohyb. Vedlejší pohyb je v tomto případě přímočarý posuvný (směr osy nástroje). Ve výjimečných případech je možné, aby hlavní pohyb rotační vykonával obrobek. [4]

5.2.2 Vyhrubování

Díry mají po vyvrtání obvykle vysokou drsnost obrobeného povrchu, nepřesnou kruhovitost, nebo například nedodržení jmenovitého průměru. Proto se zařazují pro zdokonalení děr operace jako jsou vyhrubování a vystružování. Pro díry menší 10mm se užívá pouze vystružování. U větších děr předchází vystružování ještě vyhrubování. Klasické vyhrubníky jsou tříbřité až čtyřbřité nástroje s břitzy orientovanými do šroubovice. (Výjimečně mohou být vyhrubníky i pětibřité.) [4]

5.2.3 Vystružování

Je to dokončovací operace sloužící k výrobě přesných děr, zajištění předepsaných drsností povrchů a geometrických parametrů děr. Aby bylo vystružování kvalitní je třeba počítat dopředu s přídavky na vyhrubovací a vystružovací operace. Zuby výstružníků mohou být přímé nebo ve šroubovici. Na rozdíl od výhrubníku jsou výstružníky strojní a ruční. [4]

5.2.4 Vyvtávání

Je to proces, při kterém se již předpracované otvory rozšiřují na požadovaný rozměr a tvar vyvtávacím nožem. Je to metoda užívaná pro práce načisto. Tímto způsobem se obrábí otvory ve tvarech kuželů, válců, rotačních válcových ploch, čelních mezikruží a dají se takto řezat i vnitřní závity. Nástroje jsou prakticky u všech vyvtávacích operací vyvtávací nože (konstruovány jako soustružnické nože). Rozdělují se podle několika základních hledisek, například pevný vyvtávací nástroj, podepřený vyvtávací nástroj, vyvtávací hlavy, vyvtávací tyče a nebo podle charakteru, dokončovací, hrubovací a tak dále. Z kinematiky vyvtávání lze vyvodit 3 základní druhy vyvtávání: [4]

- pro výrobu válcových ploch,
- pro výrobu zápichů,
- pro výrobu tvarových rotačních ploch. [4]

6. 3, 4 a 5 osové obrábění

6.1 3 osé obrábění

3 osé obrábění je určeno pro 3D frézování forem, zápustek, lisovacích nástrojů a tvarově složitých součástí. Sada operací umožňující hrubování, zbytkové hrubování a dokončování pokrývá komplexně problematiku tvarového frézování. Dokončovací strategie dovolují oddělené obrábění strmých a mělkých oblastí. Definice výsledné kvality povrchu pro zadání kroku řádkováním zefektivní výpočet drah nástroje. [8]

6.2 4 osé souvislé obrábění

Tato metoda frézování se používá u frézovacích center, která mají pouze jednu osu rotační a nelze tedy u nich využít plného 5 osého frézování. U této metody lze využít děličku, která umožňuje souvislý pohyb. Stroj má jednu osu rotační. Podle toho, zda se otáčí kolem osy X, Y, případně i méně zvykle Z se osy označují A, B, popřípadě C. U čtyř osého souvislého frézovacího centra lze v jednom řádku NC programu vždy pohybovat všemi osami současně, tedy X, Y, Z, A. [8]

6.3 4 osé indexované obrábění

Frézování za využití čtvrté osy, coby například děličky, je poměrně běžnou praxí. Díky děličce pak na běžné tři osé frézce získáme osu navíc, kterou lze využít například při polohování. Díky děličce je tedy možné kus otáčet a postupně frézovat z více úhlů. V případě indexování se využívá čtvrté osy pouze při natáčení. Kus se natočí do požadované polohy, zafixuje se a probíhá standardní 3 osé nebo 2 osé frézování. [8]

6.4 5 osé souvislé obrábění

Obrábění pomocí souvislých (nebo také kontinuálních) pěti os umožňuje současný pohyb lineárních, i rotačních os obráběcího stroje. Podle kinematiky stroje získáváme v NC programu kromě lineárních os X, Y, Z, ještě rotační osy A, B, C. Díky pěti osému souvislému obrábění je možné obrábět tvary, které jsou v podkosu (nelze je obrobit ve 3 osách), bez nutnosti měnit upnutí obrobku v obráběcím stroji, nebo měnit nulový bod obrábění. Osa nástroje se plynule může měnit tak, abychom vždy dosáhli obrobení celého tvaru při zachování požadované kvality povrchu. Také díky vyklonění nástroje lze zkrátit jeho vyložení, což vede k lepší kvalitě povrchu a prodloužení životnosti nástroje. [8]

6.5 5 osé obrábění (3+2 osé obrábění)

Při 3 osém frézování používá obráběcí stroj tři lineární osy. Při pětiosém polohovém obrábění jsou přidány další dvě rotační osy. To je často označováno jako 3+2 obrábění. Obrábění 3+2 odkazuje na tři lineární osy, které jsou ovládány současně a dvě osy rotační, pomocí kterých se hlava může přesunout na novou pozici a pak obrábět dále. Poté, co je hlava v nové pozici, se provádí klasické 3 osé obrábění. Tento typ obrábění může pohybovat pouze lineární osou, nebo osou rotační (nelze provádět oba pohyby zároveň). Velká část obráběných ploch včetně podkosů může být obráběna při jediném upnutí. Tím se snižuje čas potřebný pro manipulaci s obrobkem a minimalizuje se počet chyb. Nakloněním nástroje k normále povrchu získáme lépe obrobenou součást. Použitím kratších nástrojů zvyšujeme tuhost stroje, snižujeme deformaci plochy a dáváme lepší povrchovou úpravu a přesnost. [8]

II. Praktická část

Praktická část této bakalářské práce se zaměří přímo na samotnou optimalizaci výroby na obráběcím centru Hermle C32U. Účelem je snížit jak náklady na výrobu obou zadaných fréz, tak snížení výrobních časů a možné zefektivnění celkové výroby. Optimalizace takového rozsahu zahrnuje mnoho problémů a pole problematiky je poměrně rozsáhlé, protože se do tohoto procesu dá zahrnout mnoho faktorů ovlivňujících výrobu a náklady. Ať už jsou to nástroje využívané k frézování (jejich cena, výdrž, rychlost kterou s nimi lze obrábět), přes polotovary (kde problematikou je jejich nákup a logistika), až k výrobním časům. Nejprve si rozebereme obráběcí centrum, na kterém samotný proces probíhá.

7. Stroj

Obráběcí centrum Hermle C32U obrábí simultánně v pěti osách (dvě osy v obrobku a tři osy v nástroji) obrobky do hmotnosti 1000 kg. Toto centrum využívá komplexní fluidní technologii, optimalizované řízení třísek, nebo rozmanitá řízení chladicího maziva. Je plně automatizované, se širokým výběrem automatizačních řešení, ke kterým kromě IH systému, HS flex a výměníku palet patří i systémy robotické a to RS 05, RS 2 a RS 3. Výměnu nástrojů zajišťuje vyzvedávací zásobník s otočným ovládacím pultem, který je integrovaný do lóže stroje. Zásobník na nástroje pojme až 36 nástrojů při maximální hmotnosti jednoho nástroje 8kg a maximální délce 300mm. Vřetena centra se skládají ze dvou dílů a jsou tedy snadno a rychle vyměnitelné. Vřetena jsou chráněna proti kolizím malými kolizními hranami a pomocí přechovacích pouzder. Tento stroj pracuje s rychlostí převážně 18 000 otáček za minutu. [11]

Parametry obráběcího centra:

Pojížděcí dráha	650 x 650 x 500 mm
Těleso	Ø 650 / V 420
Kolizní okruh	Ø 840 mm
Vzdálenost vřetena od plochy stolu	600 / 635 mm
Otáčky	15 000 / 18 000 / 25 000 / 42 000 ot./min
Rychlé chody lineárně X-Y-Z	45 (60) - 45 (60) – 40(60) m/min
Naklápěcí otočný stůl	Ø 650 x 540 mm
Max. zatížení stolu	1000 kg



Obr. 7.1 Obráběcí centrum Hermle C32U [11]

8. Postup výroby fréz

Výroba fréz probíhá v případě pro oba druhy fréz, nástrčnou, i stopkovou velmi podobně. Operace jsou stejné, ale liší se výrobní časy. Celý postup začíná nákupem součástí, polotovaru frézy od firmy Stojírny Olšovec, zajišťovacích šroubů které drží VBD a další.

Číslo operace	Popis operace	Časová náročnost
1.	Kontrola rozměrů polotovaru dle zadaných výkresů. K tomu se využívají posuvná měřítka, mikrometry, tvrdoměry a dutinoměry.	15 minut
2.	Frézování lůžka destičky dle technických dokumentů a následné odjehlování a přeměření. Této operaci předchází přípravný čas zahrnující výměnu nástroje, kalibraci a další operace. U prvního kusu předchází samotnému procesu frézování lůžka odlazení programu, s přeměřením rozměru a úpravou korekcí k dodržování tolerancí stanovených výkresem. Nástroj je přeměřovaný na přístroji Zoller, který porovnává naměřené hodnoty s etalonem.	39 minut nástrčná fréza 70 minut stopková fréza
3.	Odjehlování po frézování a konzervaci fréz, přičemž se odjehluje kolíkovou bruskou fortunka, nebo nově na odjehlovacím stroji OTEC, který odjehluje brusnými zrny.	6 minut nástrčná fréza 10 minut stopková fréza
4.	Chemické niklování (Seven-K) v tomto případě na lesklý povrch. Strojní časy jsou tady vzhledem k ostatním technologickým krokům nejkratší.	3,6 - 4,6 minut
5.	Odmaštění výrobku od konzervantů a následná montáž všech komponentů (příšroubení VBD).	5 minut
6.	Značení frézy laserovým vypalováním (označení výrobce, parametrů frézy).	5 minut
7.	Tisk štítku dle výkresu daného nástroje.	1 minuta
8.	Zabalení fréz do balení.	5 minut

Pokud bychom chtěli výrobní proces rozebrat opravdu do detailu dopracovali bychom se na zhruba 160 operací, které jsou prováděny od broušení, po soustružení na různé tolerance.

Kompletní postupy jsou zaznamenávány v tabulkách a vedeny s systémem SAP, který nahráním čárového kódu najde všechny potřebné postupy (obr. 6.1). V těchto tabulkách lze dohledat kompletně všechny postupy výroby i s užitými nástroji.

Postupový list				JKV: 86027482					
Specifikace: 25A3R034A25-STN10-C				Název výrobku: Fréza					
Příloha 86000922									
Číslo výkresů	Sestava:	Polotovár:							
	Kontrolní:	Značení:							
	Písmo:	-	Rozteč zubů:		-				
	Těleso:	-	Počet pracovníků:		3				
Polotovár	Bez navýšení								
Polotovár	Pouze najžděcí kus-fixní k								
Komponenty sestavy:									
Číslo komponentu	Název komponenty		SAP číslo:		ks / q				
1	Nákup			1	ks				
2	Šroubek			3	ks				
3	Klíč			1	ks				
4	Obal			1	ks				
PVP									
1	Držák H-C30			1					
2	Držák Zoller			1					
3	Kalibrovací závitník			1					
4	Etalonová destička			1					
Přířez:	Hmotnost: [g]	Rozměry: [mm]		Těleso:	Material: 19552	Rozměry: [mm]	NIKL		
		Ø	Délka					Objem: [mm³]	Hmotnost: [g]
				65231	520	25	0	170	
Číslo operace	Popis operace:			Nástroje, přípravky, pomůcky:		Kód stroje:	Přípravný čas (min.)	Strojní čas (min.)	
.0010	Kontrola všech komponent a PVP kontrola rozměrů dle výkresu:			posuvné měřidlo tvrdoměr Dutinoměr Zoller			-	15'	
.0020	Frézovat lůžko destičky Dle Tech.dokumentu 5.3 frézování lůžek dle výkresu:			odjehlování posuvné měřidlo Zoller			120'	39'	
.0030	Odjehlít, konzervovat dle výkresu:			Fortunka			-	6'	
.0040	Niklovat chemicky (Seven-K) dle výkresu:						-	4,6'	
.0050	Odmastit výrobek Montáž všech komponent (šroubky mazat Molykote 1000) dle výkresu:						-	5'	
.0060	Značit dle výkresu:						-	5'	
.0070	Tisk štítků (štítek OBCHODNÍ ZBOŽÍ) dle výkresu:						-	1'	
.0080	Balení přibalit KOMPONENTU dle						-	5'	
Datum: 11.5.2018									
KOBELKA MAJER, DIVIŠ, JANIČEK technolog TPV									

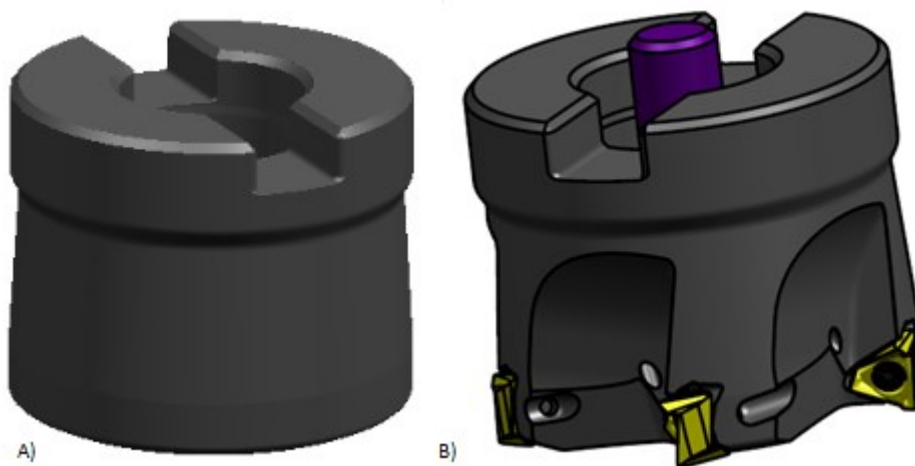
Obr. 6.1 Výrobní postupová tabulka [13]

Celkový čas potřebný k výrobě jedné frézy při předpokladu, že vyrábíme například 10 fréz je 87,6 minuty pro stopkovou frézu a pro nástrčnou frézu 126,4 minuty, přičemž nejvíce času zabírá samotné frézování lůžka destičky. Přípravný čas v tabulce, což je 120 minut pro obě frézy, je využíván pouze u prvního kusu a zahrnuje přichystání všech potřebných nástrojů, nastavení nulového bodu, přípravu nástrojů dle pracovních listů (příloha 2), upnutí polotovaru, zanesení parametrů polotovaru a nástrojů do stroje, odlazení (spuštění programu krok po kroku, kontrola chodu nástrojů, úprava korekcí). Tento čas se poté rozdělí mezi všechny vyráběné kusy, protože se provádí pouze u prvního kusu, ale je i tak nedílnou součástí procesu výroby. Všechny časy, jsou ale vcelku lehce ovlivnitelné (ať už se jedná o rychlejší přeměření, nebo třeba náhodné poruchy během výroby).

9. Rozbor zvolených nástrojů pro optimalizaci

Pro optimalizaci na obráběcím centru Hermle C32U pro firmu Dormer Pramet Tools, s.r.o. jsme zvolili dva zástupce fréz, které jsou zde vyráběny a to jednu stopkovou frézu a druhou nástrčnou frézu.

9.1 Nástrčná fréza



Obr. 6.1 A) Polotovár neobrobené nástrčné frézy, B) obrobená a zkompletovaná zadaná nástrčná fréza [13]

Polotovár nástrčné frézy je vyroben ze stredne legovanej, ušlechtilé, chrom-nikl-molybdenové oceli ČSN třídy 16. Jedná se o ocel s vysokou prokalitelností, pro vysoce namáhané strojní díly. Po zušlechtění má velmi dobrý poměr pevnosti k mezi kluzu a vyznačuje se vysokou houževnatostí, která brzdí šíření únavových trhlin. Má velmi vysoké meze únavy při střídavém a kombinovaném způsobu namáhání. K popouštěcí křehkosti není náchylná.

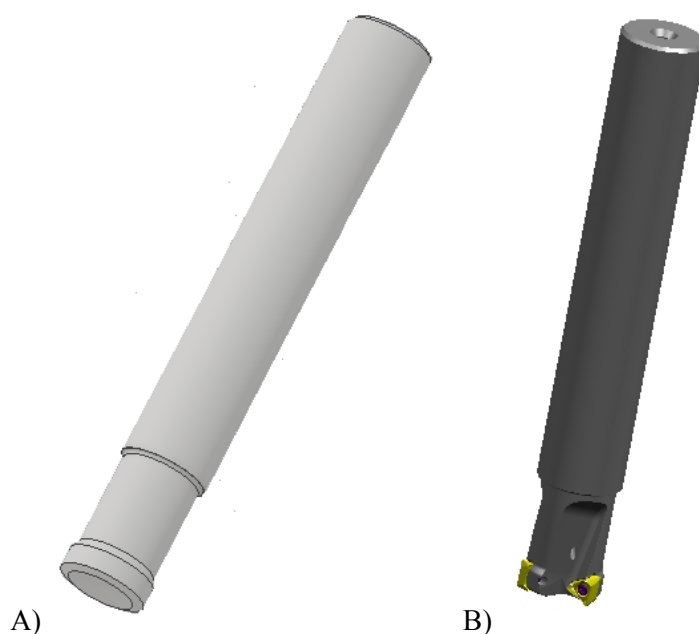
Obrábí se při stavu žíhaném na měkko. Díly které se zušlechťují se nejprve předhrubují ve stavu žíhaném a dokončí po zušlechtění. Vlivem vyšší houževnatosti je obrábění ztíženo. Polotovár má parametry – délka 40mm, průměr 48mm a hmotnost 360g.

Chemické složení oceli ČSN třídy 16:

	C	Si max.	Mn	P max.	S max.	Cr	Mo	Ni	V
Složení [%]	0,28 - 0,40	max. 0,43	0,46 - 0,84	max. 0,030	max. 0,040	1,25 - 1,75	0,12 - 0,35	1,25 - 1,75	-

Možná náhrada za materiál polotovaru této by mohla být ocel 16341, s podobným chemickým složením, problém však nastává v její ceně, která je dvakrát vyšší. Je proto nevhodná.

9.2 Stopková fréza.



Obr. 6.2 A) Polotovar neobrobené stopkové frézy, B) Obrobená a zkompletovaná zadaná stopková fréza [13]

Polotovar stopkové frézy je vyráběn ze středně legované, nástrojové oceli ČSN třídy 19, pro práci za tepla, s velmi dobrou houževnatostí a odolností proti opotřebení za tepla, vysokou pevností za tepla a malou rozměrovou deformací při tepelném zpracování, v žíhaném stavu je dobře obrobitelná. Polotovar má parametry – délka 170 mm, průměr 25 mm a hmotnost 520g.

Chemické složení oceli ČSN třídy 19:

	C	Mn	Si	P max.	S max.	Cr	Mo	V
Složení [%]	0,33 - 0,41	0,25 - 0,5	0,8 - 1,2	0,03	0,02	4,8 - 5,5	1,1 - 1,5	0,3 - 0,5

Možná náhrada za materiál polotovaru by mohla být ocel ČSN 19573 s podobným chemickým složením, problém však nastává v její ceně, která je dvakrát vyšší. Je proto nevhodná. Optimalizace se tedy nemůže ubírat směrem výběru vhodnějších materiálů pro výrobu polotovarů z důvodu momentálního dosažení nejvhodnějšího materiálu i vzhledem k cenovému zhodnocení.

9.3 Současný výrobce polotovarů

V současnosti jsou polotovary vyráběny a dopravovány z firmy SV Olšovec, při nákladech okolo 1000 Kč za jeden kus. Hlavní část výrobního programu firmy je třískové obrábění na CNC strojích.

10. Nástroje používané k obrábění zadaných výrobků.

K výrobě obou fréz na obráběcím centru Hermle C32U se používají pro tvorbu lůžka stejné nástroje pro obě frézy. Rozdíl je však u nástrojů pro tvorbu otvorů chlazení a hlavně vytvoření zubové mezery.

Frézy se obrábí v rozdělení na 4 programy, přičemž každý je zaměřený na jinou část práce (příloha č. 2 a 4). Použité nástroje jsou označeny čísly dohledatelnými v katalogu firmy Dormer Pramet Tools, s. r. o.

10.1 Programy výroby stopkové frézy a použité nástroje

10.1.1 První program

Je zaměřen na označení. Probíhá rychlostí posuvu 100 mmpm a otáčkami 18000 rpm.

Použitý nástroj: 03B2R50-05A06 HERU

10.1.2 Druhý program

Zahrnuje přípravu plošky chlazení, do které se poté vyvrtává samotné chlazení. Probíhá rychlostí posuvu 400 mmpm a otáčkami 15000 rpm.

Použitý nástroj: 0.15E4S40-04.5A04-02 TURU

Tato ploška se připravuje z důvodu, aby vrták najel lehčeji a přesně na správné místo na které má. Následuje vyvrtání samotného chlazení. Probíhá rychlostí 133,6 mmpm a otáčkami 4456 rpm.

Použitý nástroj: A6789APM-2.0

10.1.3 Třetí program

Je zaměřen na úběr materiálu zubových mezer hrubovací frézou. Probíhá rychlostí posuvu 499,9 mmpm a otáčkami 6000 rpm.

Použitý nástroj: 12E4R75-13A12-20 HYRU

A následné finišování pro dokončení povrchů, které už se dále nebudou muset frézovat. Probíhá rychlostí posuvu 500 a 300 mmpm a otáčkami 6000 a 11000 rpm. S použitím dvou nástrojů.

Použité nástroje: 12E4R75-13A12-20 HYRU a 04E4S50-12A06 KURU

10.1.4 Čtvrtý program

Je nejkomplexnější a zahrnuje nejvíce operací. Začíná přípravnými ploškami na vyvrtání odlehčení nástrčné frézy. Opět probíhá dvěma různými nástroji. Při rychlostí posuvu 220 a 216 mmpm a otáčkami 15000 a 18000 rpm.

Použité nástroje: 02E4S40-06.5A04-02 TURU a 0.15E4S40-04-02 TURU

Dále se provádí samotné vrtání odlehčovacích otvorů pro všechny tři zuby.

Použitý nástroj: A6478TML-1.6

Následuje sled operací na lůžcích nástroje, z nichž je první operace hrubování, které probíhá rychlostí posuvu 499.9 mmpm a za otáček 6000 rpm.

Použitý nástroj: 06E4R60-07A06-05 HYRU

Dále odlehčení lůžka, které proběhne ve třech krocích rychlostí posuvu 499.9 mmpm a za otáček 6000 rpm.

Použitý nástroj: 06E4R60-07A06-05 HYRU

Hrubování lůžka, které proběhne ve dvou krocích rychlostí posuvu 400 mmpm a za otáček 15000 rpm.

Použitý nástroj: 03E4S40-09A03-03 TURU

Odlehčení vrchu lůžka, které probíhá ve dvou krocích rychlostí posuvu 400 mmpm a za otáček 18000 rpm.

Použitý nástroj: 01.5B2R40-03A04 KERU

Odlehčení plošky, na které bude závit, probíhá rychlostí posuvu 220 mmpm a za otáček 1500 rpm.

Použitý nástroj: 02E4S40-06.5A04-02 TURU

Opětovné odlehčení lůžka (tentokrát spodku) a v pěti krocích, rychlostí posuvu 400 mmpm a za otáček 18000 rpm.

Použitý nástroj: 0.15B2R40-03A04 KERU

Navrtání lůžka navrtávkem o menším průměru s ostrým hrotem z důvodu lepšího dosednutí vrtáku, který bude vyvrtávat finální otvor pro šroubek. Rychlost posuvu 100 mm/pm a za otáček 8000 rpm.

Použitý nástroj: T321 00546-4.000 GUHRING

Vyvrtání díry pro šroubek v lůžku rychlostí posuvu 150 mm/pm a za otáček 6600 rpm.

Použitý nástroj: A6478TML

Vyřezání závitu do vyvrtaného otvoru v lůžku rychlostí posuvu 45 mm/pm a za otáček 166 rpm.

Použitý nástroj: 2021763-M2.5 F3150G24

Dotahy na vyfrézovaných ploškách rychlostí posuvu 150 mm/pm a za otáček 7400 rpm.

Použitý nástroj: 03E4S40-09A03-03 TURU

Finiš lůžka rychlostí posuvu 150 mm/pm a za otáček 7400 rpm.

Použitý nástroj: 03E4S40-09A03-03 TURU

Při výrobě nástrčné frézy se programy liší v prvním, třetím a čtvrtém programu. Druhý program využívá stejné nástroje jako fréza stopková.

10.2 Programy výroby nástrčné frézy a použité nástroje

10.2.1 První program

První program v tomto případě jsou operace pro frézování mezery narozdíl od stopkové frézy, kde jako druhý program, bylo nachystání plošky chlazení a jeho vyvrtání. V tomto programu se tedy provádí hrubování mezery a ihned poté stejným nástrojem i finiš mezery při rychlosti posuvu 750 mm/pm a za otáček 5000 rpm.

Použitý nástroj: 08E4S64-20A08-10 TURU

Následně probíhají dvě operace, a to hrubování odlečení mezery prvním zmíněným nástrojem, a následný finiš odlehčení mezery druhým zmíněným nástrojem. Obě tyto operace probíhají při rychlosti posuvu 500,016 mm/pm a za otáček 8000 rpm.

Použité nástroje: 06E6R50-16A06 KURU a 06E6R50-15A06 MIRU

10.2.2 Třetí program

Třetí program je zaměřen na vytvoření chlazení a to nejprve na přípravu plošky chlazení, do které se poté vyvrtává samotné chlazení. Probíhá rychlostí posuvu 400 mm/pm a za otáček 15000 rpm.

Použitý nástroj: 01.5E4S40-04.5A04-02 TURU

Poté se vyvrtává samotný otvor chlazení rychlostí posuvu 134 mm/pm a za otáček 4456 rpm.

Použitý nástroj: A6789APM-2.0

10.2.3 Čtvrtý program

Je zaměřen na označení, probíhá rychlostí posuvu 100,008 mm/pm a za otáček 18000 rpm.

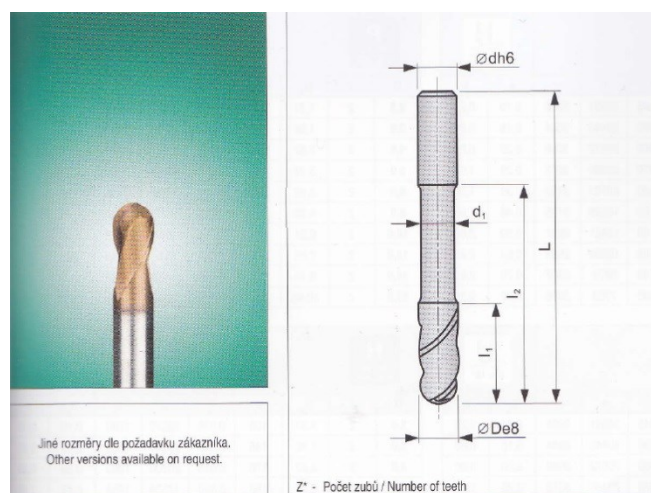
Použitý nástroj: 03B2R50-05A06 HERU

Celý výrobní program je v přílohách č. 2 a 4 na konci bakalářské práce.

11. Rozbor používaných nástrojů k výrobě fréz.

11.1 Kulová fréza krátká KERU

Vhodná pro obrábění ocelí třídy P - uhlíkové nelegované oceli třídy 10, 11, 12; legovaných ocelí tříd 13, 14, 15, 16; nástrojových legovaných ocelí (193 až 198) a skupiny H –zušlechtnuté oceli s pevností nad 1500 MPa; kalené oceli HRC 48 až 60; tvrzené kokilové litiny HSh 55 až 85. Tato fréza se využívá k odlehčování spodku lůžek tam, kde se větší frézy a frézy s ostřejšími hranami nedostanou. [7]

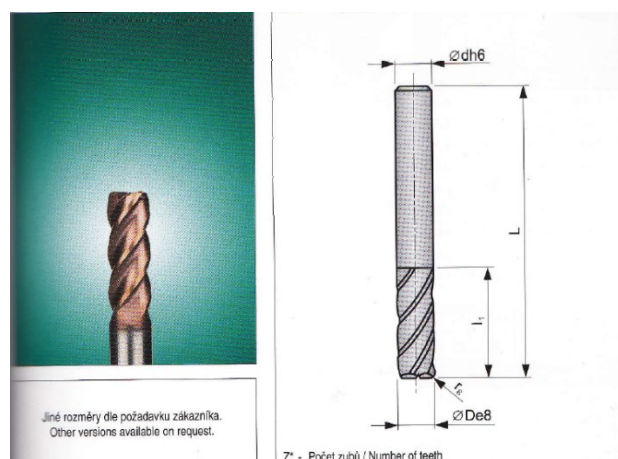


Obr 11.1 Nástroj označovaný jako KERU v katalogu Dormer Pramet Tools s. r. o [7]

0.15EB2R40-03A04 KERU	Celková délka	Průměr upínací části	Průměr řezné části	Délka ostří	Počet zubů	Zaoblení řezné hrany	Průměr tělesa
[mm]	40	4	1,5	4,0	2	R0,75	1,4

11.2 Válcová fréza toroidní krátká TURU

Vhodná k obrábění oceli třídy H – zušlechtilé oceli s pevností nad 1500 MPa; kalené oceli HRC 48 až 60; tvrzené kokilové litiny HSh 55 až 85. Díky tomu, že má celkem krátké ostří je nástroj pevnější a způsobuje menší vibrace při obrábění. Tato fréza se používá během frézovacího procesu k frézování odlehčovacích plošek a tyto činnosti zabírají časově jednu z větších částí celého procesu. Zároveň se během procesu střídají 3 různé velikosti této frézy. [7]

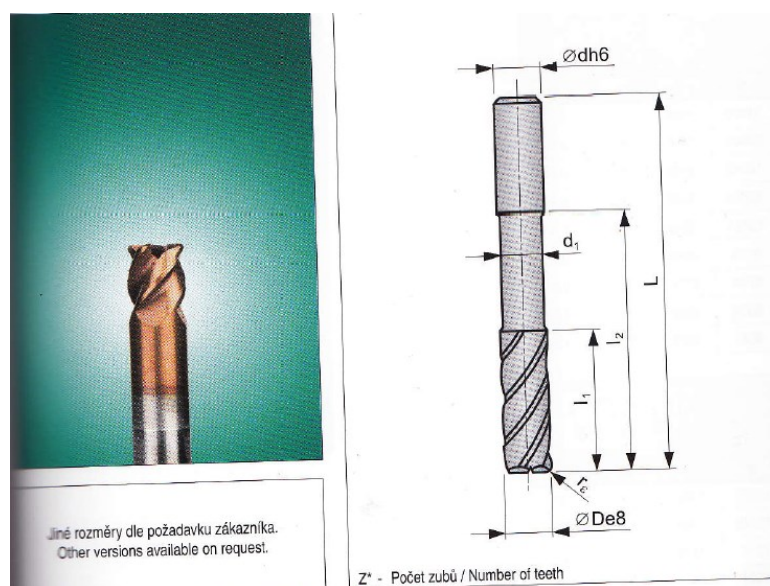


Obr 11.2 Nástroje označované jako TURU v katalogu Dormer Pramet Tools s. r. o [7]

01.5E4S40-04.5A04-02 TURU	Celková délka	Průměr upínací části	Průměr řezné části	Délka ostří	Počet zubů	Zaoblení řezné hrany	Průměr tělesa
[mm]	40	4	1,5	9	2	R0,2	4
02E4S40-06.5A04-02 TURU	Celková délka	Průměr upínací části	Průměr řezné části	Délka ostří	Počet zubů	Zaoblení řezné hrany	Průměr tělesa
[mm]	40	4	2	9	2	R0,2	4
03E4S40-09A03-03 TURU	Celková délka	Průměr upínací části	Průměr řezné části	Délka ostří	Počet zubů	Zaoblení řezné hrany	Průměr tělesa
[mm]	40	3	3	9	4	R0,3	3
08E4S64-20A08-10 TURU	Celková délka	Průměr upínací části	Průměr řezné části	Délka ostří	Počet zubů	Zaoblení řezné hrany	Průměr tělesa
[mm]	64	8	8	4	4	R1,00	8

11.3 Válcová fréza toroidní dlouhá HYRU

Vhodná k obrábění ocelí třídy H – zušlechtilé oceli s pevností nad 1500 MPa; kalené oceli HRC 48 až 60; tvrzené kokilové litiny HSh 55 až 85. Díky tomu, že má celkem krátké ostří je nástroj pevnější a způsobuje menší vibrace při obrábění. Tato fréza se využívá k hrubování a k odlehčování lůžka na obráběné stopkové fréze. Při těchto operacích se odebírá největší část materiálu a fréza je nejvíce namáhána. Během procesu se využívají 2 velikosti této frézy.

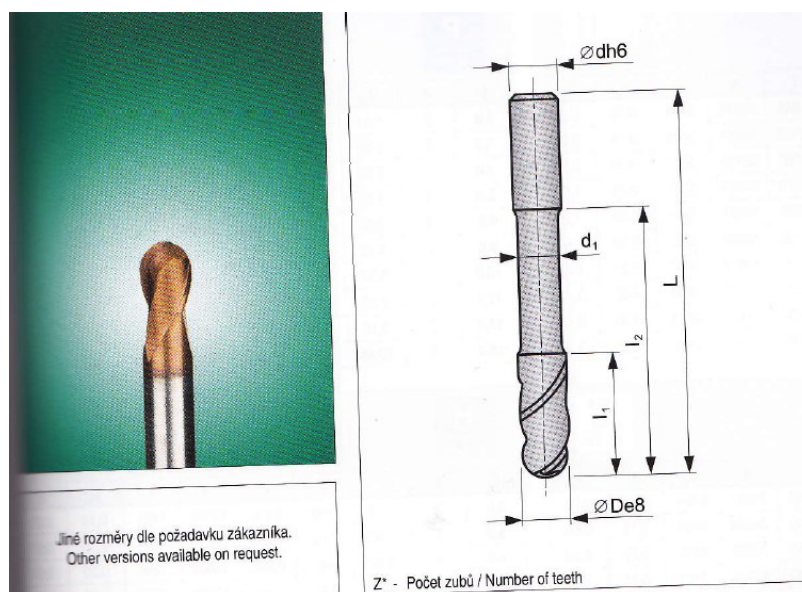


Obr 11.3 Nástroje označované jako HYRU v katalogu Dormer Pramet Tools s. r. o

06E4R60-07A06-05 HYRU	Celková délka	Průměr upínací části	Průměr řezné části	Délka ostří	Počet zubů	Zaoblení řezné hrany	Průměr tělesa
[mm]	60	6	6,0	7,0	4	R0,5	5,5
12E4R75-13A12-20 HYRU	Celková délka	Průměr upínací části	Průměr řezné části	Délka ostří	Počet zubů	Zaoblení řezné hrany	Průměr tělesa
[mm]	75	12	12,0	13,0	4	R2,0	11

11.4 Kulová fréza krátká HERU

Kulová fréza krátká vhodná pro obrábění ocelí třídy P - uhlíkové nelegované oceli třídy 10, 11, 12; legovaných ocelí tříd 13, 14, 15, 16; nástrojových legovaných ocelí (193 až 198) a skupiny H – zušlechťené oceli s pevností nad 1500 MPa; kalené oceli HRC 48 až 60; tvrzené kokilové litiny HSh 55 až 85. Díky krátkému ostří nezpůsobuje takové vibrace a nástroj je pevnější. Tato fréza je použita na začátku frézovacího procesu k označení, není tedy příliš využívána vzhledem k ostatním. [7]

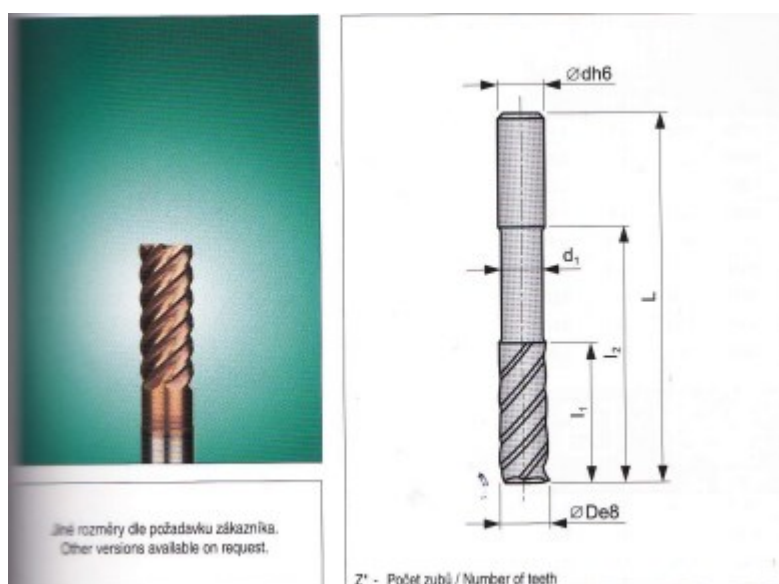


Obr 11.4 Nástroje označované jako HERU v katalogu Dormer Pramet Tools s. r. o [7]

03B2R40-05A03 HERU	Celková délka	Průměr upínací části	Průměr řezné části	Délka ostří	Počet zubů	Průměr tělesa
[mm]	40	3	3,0	5,0	2	2,8
03B2R50-05A06 HERU	Celková délka	Průměr upínací části	Průměr řezné části	Délka ostří	Počet zubů	Průměr tělesa
[mm]	50	6	3,0	5,0	2	2,8

11.5 Válcová fréza krátká MIRU

Vhodná k obrábění ocelí třídy H – zušlechtilé oceli s pevností nad 1500 MPa; kalené oceli HRC 48 až 60; tvrzené kokilové litiny HSh 55 až 85. Tato fréza se používá k finiši odlehčení mezery. Využívá se pouze u nástrčné frézy, z důvodu že je větší a nebyla by vhodná k frézování menších zubových mezer na fréze stopkové. K frézování je používán jen jeden rozměr tohoto nástroje. [7]

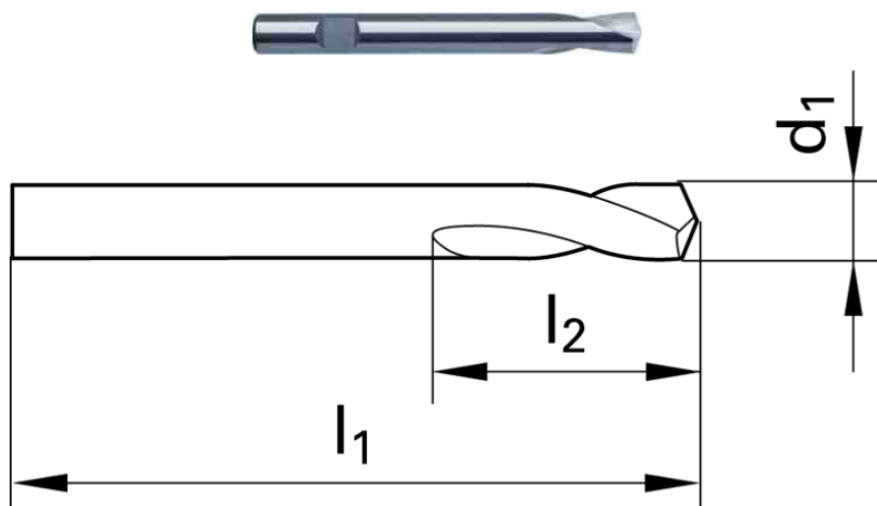


Obr 11.5 Nástroj označovaný jako MIRU v katalogu Dormer Pramet Tools s. r. o [7]

06E6R50-15A06 MIRU	Celková délka	Průměr upínací části	Průměr řezné části	Délka ostří	Počet zubů	Průměr tělesa
[mm]	50	6	6,0	15,0	6	5,5

11.6 Bodový navrtávák Guhring

Vyráběný tentokrát firmou Guhring Inc. Vyrobený z karbidu. Vhodný na obrábění hliníku, slitin ocelí, nástrojových ocelí, chirurgických ocelí a dalších materiálů. Tento nástroj se využívá pouze k navrtání díry předtím, než se díra celá vyvrtá. V záběru je během celého procesu 2 vteřiny. [12]



Obr. 11.6 Bodový vrták firmy Guhring [12]

T321 00546-4.000 Guhring	Celková délka	Průměr upínací části	Průměr řezné části	Délka ostří	Max. řezná hloubka
[mm]	55	4	4	6	6

11.7 Vrták Walter Tools

Při výrobě fréz v obráběcím centru se používají 3 různé vrtáky. Vyrobený z karbidu. Používají se tři velikosti tohoto vrtáku. Jeden rozměr vrtáku se v obráběcím procesu využívá vyvrtávání odlehčení frézy. Druhé dva rozměry k vyvrtání díry pro šroubek který upíná břitové destičky.



Obr. 11.6 Vrták firmy Walter Tools [14]

A6478TML – 1.6	Celková délka	Průměr upínací části	Průměr řezné části	Délka ostří
[mm]	68		1.6	24
A6478TML – 2.6	Celková délka	Průměr upínací části	Průměr řezné části	Délka ostří
[mm]	68		2.6	24
A6478TML – 2.1	Celková délka	Průměr upínací části	Průměr řezné části	Délka ostří
[mm]	68		2.1	24

11.8 Závitník Walter Tools

Používá se ke konci obráběcího procesu k vyřezání závitu do vyvrtané díry pro šroubek upínající břitovou destičku.



Obr. 11.7 Závitník firmy Walter Tools [14]

2021763- M2.5	Celková délka	Průměr upínací části	Délka ostří	Typ závitu	Počet ostří
[mm]	51	2,5	9	M2.5	3

12. Návrh výhodnější alternativy výroby fréz.

Z důvodu, že se optimalizace nemohla ubírat směrem materiálů a nákupu polotovarů, je třeba se v optimalizaci zaměřit na obráběcí nástroje samotné, které jsou nejdůležitější část celého obráběcího procesu. Návrhem nové frézy, která bude například schopná pracovat oproti jiným vyššími rychlostmi a za nižší čas je možné zrychlit výrobu a tím zvýšit i konečný výdělek.

12.1 Hrubovací fréza S264 firmy Dormer Pramet Tools

Jedná se o hrubovací tvrdokovovou válcovou frézu s vroubkovaným řezným profilem, která by měla nahradit frézu 08E4S64-20A08-10 TURU. Tato fréza oproti fréze původní je schopná provést první operaci obráběcího procesu na jeden tah oproti postupnému přejíždění původní frézou a celkově je schopná odebírat větší množství materiálu během jednoho přejezdu.

Současně se změnou v operacích pro finiš (změnou hloubky obrábění ze 3 mm na 4 mm) došlo ke zkrácení výrobních časů operací z původních 2:42 min na 1:07 min.

Toto zjištění představuje úsporu času 1:35 minut na obrábění jednoho lůžka, při nástrčné 5ti zubé fréze toto představuje časovou úsporu 7:55 min pro jednu frézu. Z čehož lze vyvodit že při výrobě například 10ti kusů fréz už je časová úspora zhruba 1 hodina a 20 minut. Časová úspora je uvedana „zhruba“, z důvodu, že NX nepracuje s reálným časem, ale dá se s ním zhruba počítat.



Obr. 12.1 Hrubovací monolitní tvrdokovová válcová fréza s vroubkovaným řezným profilem [13]

S264 Ø6 mm	Celková délka	Průměr upínací části	Průměr řezné části	Délka ostří	Počet zubů	Zaoblení řezné hrany Ch ± 0,02x45°
[mm]	57	6	6,00	13	4	0,10
S264 Ø10 mm	Celková délka	Průměr upínací části	Průměr řezné části	Délka ostří	Počet zubů	Zaoblení řezné hrany Ch ± 0,02x45°
[mm]	72	10	10,00	22	4	0,20

12.1.1 Výsledky dosažené frézou S264 pro obrábění nástrčné frézy

Dosažené výsledky po změně programu a úpravách odběru materiálu pro nástrčnou frézu jsou velmi zajímavé, na prvním obrázku je možné vidět původní časy při používání předešlého programu a u druhého obrázku nový program přičemž celkový čas potřebný k vykonání daných operací je uveden vždy nahoře nad ostatními časy.

		00:02:42
08E4S64-20A08-10 TURU_SC0880	247	00:00:57
08E4S64-20A08-10 TURU_SC0880	864	00:00:15
06E4S50-16A06_KURU_SC0680	110	00:00:28
06E6R50-15A06_MIRU_SC0680	847	00:00:14

Obr 12.2 Časy původního programu s použitím původního nástroje

		00:01:07
H3183378-10-1_SC21080	439	00:00:05
H3183378-10-1_SC21080	439	00:00:04
08E4S64-20A08-10 TURU_SC0880	864	00:00:13
06E6R50-15A06_MIRU_SC0680	847	00:00:09

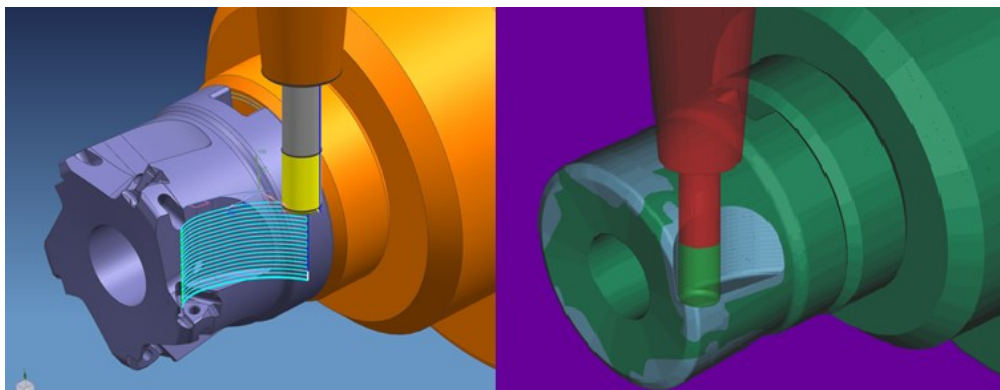
Obr 12.3 Časy nového programu s použitím nové hrubovací frézy S264

Z obrázků zde lze skutečně vidět, že se jedná o velmi velkou úsporu času, která se vyplácí i vzhledem k tomu, že nová hrubovací fréza je dražší jak původně používané. Zároveň se snížením časů, také ale odpadá jedna výměna nástroje, protože se fréza S264 použije pro obě hrubovací operace což představuje úsporu cca 15 až 30 sekund.

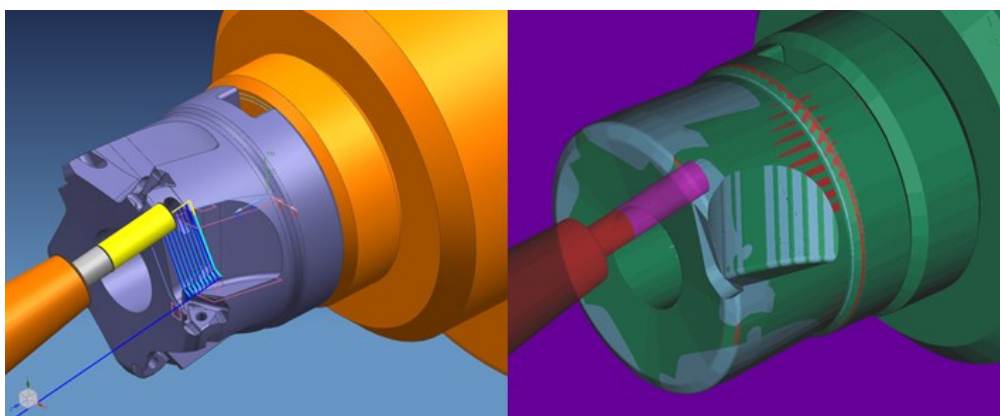
12.1.2 Úpravy drah při obrábění nástrčné frézy

Na následujících obrázcích 12.4 a 12.5 je znázorněno, jak vypadaly frézovací dráhy při předchozím CAM programování pro obráběnou nástrčnou frézu. Na obrázku 12.6 je ukázka drah z CAM programování při finiši povrchu zubové mezery.

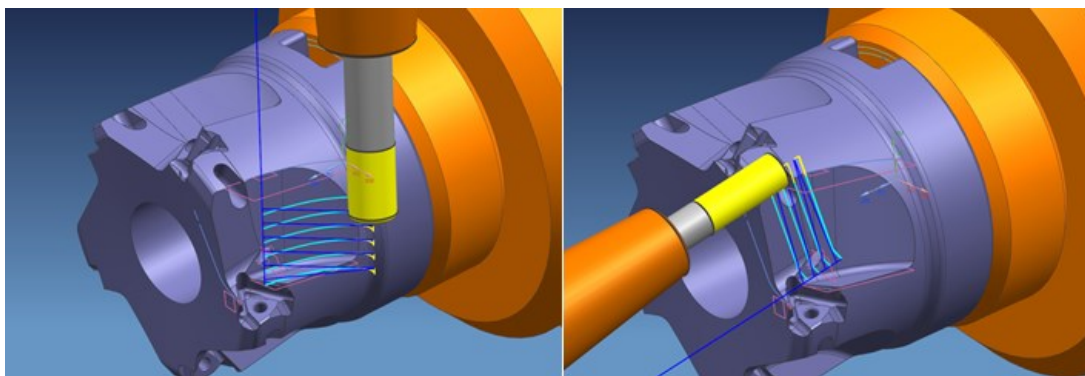
Původní CAM programování frézovacích drah.



Obr. 12.4 Staré naprogramování frézovacích drah při hrubování [13]



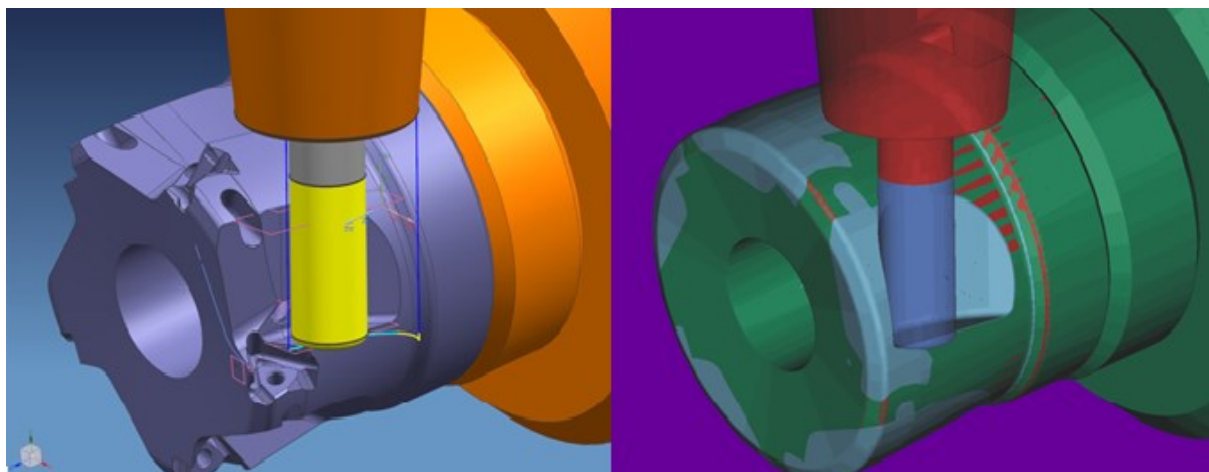
Obr. 12.5 Staré naprogramování frézovacích drah při hrubování [13]



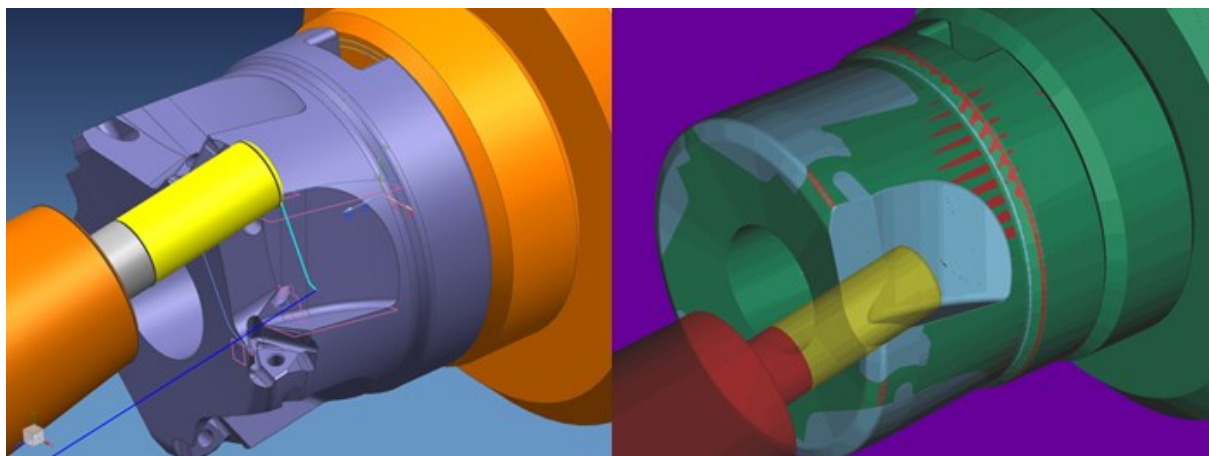
Obr. 12.6 Staré naprogramování frézovacích drah při finišování [13]

Obrázky 12.7 a 12.8 znázorňují jak moc velká je změna při výměně nástroje za novou hrubovací monolitní tvrdokovovou frézu s vroubkovaným řezným profilem a přeprogramování CAM. Zároveň lze vidět, že se pro obě tyto operace používá stejná fréza. Díky tomuto odpadá poměrně velká část času, který je potřebný na najetí k zásobníku s nástroji jeho otevření a vybrání nového nástroje potřebného k frézování. Toto samotné znamená úsporu času okolo 15 až 30 sekund.

Nové CAM programování frézovacích drah při hrubování.



Obr. 12.7 Nové naprogramování frézovacích drah při hrubování [13]

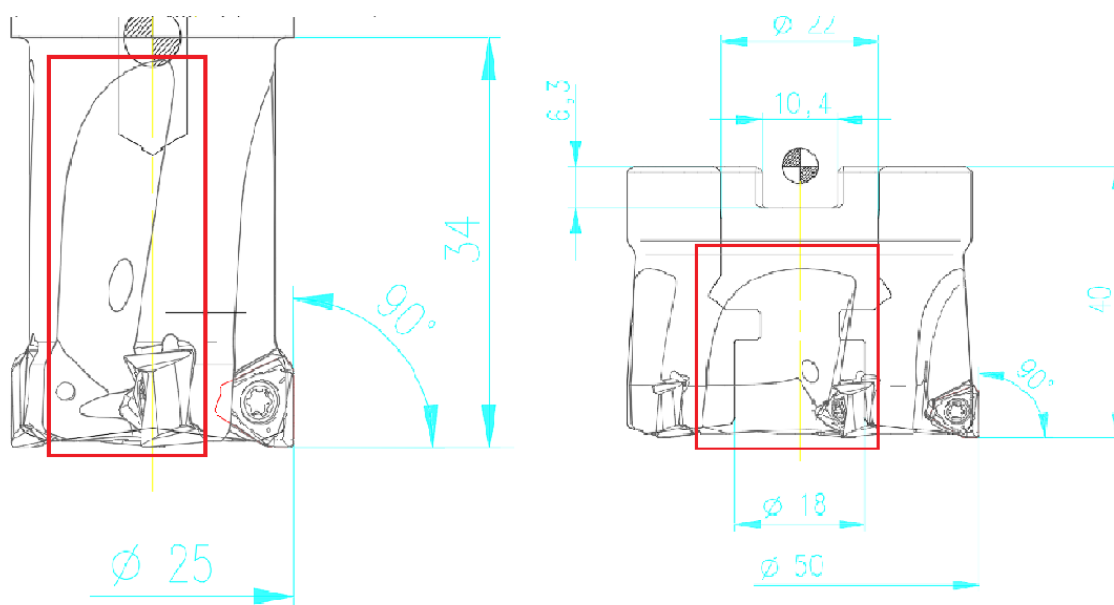


Obr. 12.8 Nové naprogramování frézovacích drah při hrubování [13]

12.2 Výsledky při navržených úpravách výroby stopkové frézy

Při upravení programu a použití nové hrubovací monolitní tvrdokovové frézy s vroubkovaným řezným profilem, se prokázalo, že pro výrobu stopkové frézy není tak efektivní jako u frézy nástrčné, protože menší odebírané objemy a hlavně tvar zubové mezery (obr 12.9) neumožňuje použití těchto hrubovacích fréz v takovém rozsahu jako u nástrčné frézy. Toto řešení je tedy v tomto případě ne úplně vhodné a proces optimalizace výměnou nástroje se zaměřil spíše na nástrčnou frézu.

V případě stopkové frézy by úspora času byla jen maximálně v řádu sekund a toto vzhledem k ceně nově navržené frézy není ekonomicky nejvhodnější. Z tohoto plyne i poučení o tom, že by se mělo hledět na ekonomické hledisko, už při navrhování zubové mezery s ohledem na použití co nejmenšího počtu nástrojů a za použití produktivních hrubovacích nástrojů.



Obr 12.9 Srovnání zubových mezer Stopkové a nástrčné frézy [13]

Přesnější výrobní výkresy nástrojů, zubových mezer a lůžek pro břitové destičky, lze vidět v příloze č.5 a č.6 na konci bakalářské práce.

13. Ekonomicko technologické zhodnocení

Z ekonomického technologického hlediska hledíme na mnoho aspektů ovlivňujících náklady na výrobu fréz. Tato práce je zaměřená na zhodnocení současného stavu strojních časů, při kterých byly využívány nástroje původní a na strojní časy při používání nových nástrojů, popřípadě postupů výroby.

Současné strojní časy byly naměřeny firmou Pramet a jsou zahrnuty v postupové tabulce v bodě 8 této práce.

V obou případech fréz, stopkové i nástrčné, se nejprve obrábí první zubová mezera první lůžko pro břitovou destičku a první chlazení. Po následném odlazení řezných podmínek a přezkoušení bezkoliznosti obrábění, následuje přeměření a kontrola kvality ploch.

Pokud nejsou všechny rozměry dle výkresu nebo tolerance musí se provést nástrojové korekce ve stroji, vyfrézuje se druhá mezera, lůžko a chlazení a pokud odpovídají po přeměření fréza se dokončí (pokud bude z hlediska házivosti použitelná).

13.1 Porovnání starých strojních časů a časů za využití nového nástroje.

Porovnání časů po výměně frézy pro frézování polotovaru nástrčné frézy. U které se jedná pouze o úpravu prvních kroků (hrubování a finiš) a jedná se o úsporu času pro jedno lůžko.

$$T = \frac{T_{nový}}{T_{původní}} \cdot 100 [\%]$$

$$T = \frac{1:07}{2:42} \cdot 100 = 43 [\%]$$

Z tohoto plyne, že nový výrobní nástroj přináší úsporu času oproti původnímu o velikosti 43% a to pouze pro jedno lůžko.

Následně lze zjistit, že při úspoře času o velikosti 1 minuta 35 vteřin na jedno lůžko při počtu 5ti zubových mezer se jedná o celkovou úsporu času na jedné fríze o velikosti 7 minut 55 vteřin.

Tato úspora času je velmi značná, protože už jen při výrobě pouhých 10ti kusů se jedná o časovou úsporu 80 minut, během kterých lze vyrábět další frézy.

Původní výrobní čas na jedno lůžko nástrčné frézy v obráběcím centru Hermle C32U.

$$T_{starý} = (T_{P1} + T_{P2} + T_{P3} + T_{P4})$$

$$T_{starý} = (2:48 + 0:15 + 0:48 + 8:04) = 11minut\ 55sekund$$

Tento čas se dale jen vynásobí počtem zubových lůžek, které se na fréze vytvářejí. V tomto případě 5.

$$T_{C\ Starý} = T_{starý} \cdot Z$$

$$T_{C\ Starý} = 11:55 \cdot 5 = 59\ minut\ 35\ vteřin$$

Nový výrobní čas na jedno lůžko nástrčné frézy v obráběcím centru Hermle C32U.

$$T_{nový} = T_{P1nový} + T_{P2nový} + T_{P3nový} + T_{P4nový}$$

$$T_{nový} = 1:07 + 0:15 + 0:48 + 8:04 = 10minut\ 14sekund$$

Dále po vynásobení počtem zubových lůžek dostáváme výsledek.

$$T_{C\ Nový} = T_{nový} \cdot Z$$

$$T_{C\ Nový} = 10:14 \cdot 5 = 51\ minut\ 10\ vteřin$$

Po provedení výpočtu a srovnání výsledků zjišťujeme že za použití nového programu a hrubovací monolitní tvrdokovové frézy s vroubkovaným řezným profilem se dostáváme na úsporu času o hodnotě 8 minut a 20 vteřin.

Při velko výrobě znamená toto číslo velké zlepšení a rozhodně se vyplatí zařadit toto řešení do běžné výroby této frézy.

Vezmeme-li v úvahu, že náklady na provoz obráběcího centra jsou 1000 CZK na hodinu. Tak zjistíme, že při nové výrobě jedné nástrčné frézy ušetříme jen na provozu stroje 138,83 CZK. Což při velkovýrobě znamená obstojnou sumu.

13.2 Zhodnocení současného stavu nákladů.

Tento bod vychází z údajů sesbíraných za 6 let firmou Dormer Pramet Tools, měřených po každých dvou měsících od data 1.1. 2012 do 1.3. 2017. Přičemž se vypisují poslední zjištěné údaje a náklady jsou uváděny za jeden zhotovený kus. Graf, ze kterého vycházejí hodnoty, je vložen jako příloha na konci práce.

Polotovary:	1000Kč/Kus
Údržba strojů:	30Kč/Kus
Mzdy pracovníků:	55 Kč/kus
Odpisy:	100Kč/kus
Ostatní náklady:	50Kč/kus
Celková cena	1235Kč/kus

Celková cena výroby jednoho kusu frézy se je tedy něco okolo 1235 Kč. Tato cena kolísá vzhledem k měnícím se cenám výrobních materiálů na trhu, ceně vyrobených polotovarů, nákladům na údržbu atd.

Cena polotovaru není až tak důležitá, ačkoliv je zdaleka nejvyšší. Nejdůležitější faktor pro polotovary není jejich cena, ale mechanické vlastnosti, které pokud nejsou optimální pro vyrábění frézy, tak je není možno kompenzovat jejich nižší cenou.

Položka uvedená jako ostatní náklady zahrnuje, zmetkovitost, nahodilé opravy na strojích (údržba zahrnuje pouze výdaje na údržbu nikoliv na náhlé opravy), náhlou změnu mixu výroby (nutnost přejít na jiný výrobní cyklus, nebo zakázku z časových důvodů).

13.3 Srovnání ceny nově navržené frézy a původní frézy

Ceny nástrojů by měli být aktuální k datu 9.5. 2018. Můžeme pozorovat že nová fréza je o více než polovinu dražší než fréza původní.

S264 - Hrubovací monolitní tvrdokovová fréza s vroubkovaným řezným profilem

Cena: 3 705 CZK

08E4S64-20A08-10 TURU - Válcová fréza toroidní krátká.

Cena: 2 103 CZK

Cenový rozdíl: 1 602 CZK

Ovšem vzhledem k tomu, že díky nové fréze ušetříme 8 minut a 20 vteřin na výrobě frézy a na jednom kusu vyrobené frézy ušetříme z provozu obráběcího centra 139 CZK, je to i tak stále více než výhodná investice.

U stopkové frézy nahazujeme frézu 12E4R75-13A12-20 HYRU po nahrazení této frézy ,ale jsme schopni získat časovou úsporu pouze v řádu vteřin, proto se nevyplatí, aby byla tato fréza nahrazována zvolenou novou frézou S264.

12E4R75-13A12-20 HYRU – Válcová fréza toroidní dlouhá.

Cena: 2 431 CZK

S264 - Hrubovací monolitní tvrdokovová fréza s vroubkovaným řezným profilem

Cena: 3 705 CZK

Cenový rozdíl: 1 274 CZK

Cenová nákladnost výměny frézy 1 274 CZK se v tomto případě nevyplatí, proto touto cestou optimalizace výroby zadané, stopkové frézy nevede.

13.4 Návrhy na zlepšení

Proces výroby fréz je proveden tak, aby byl co nejefektivnější, ačkoliv i v tomto případě by bylo možné upravit procesy výroby tak, aby zrychlili proces výroby, popřípadě jej ulehčili pro zaměstnance obsluhující obráběcí centra.

Mezi první návrh by se dala zařadit například katalogizace nástrojů, které by se při zadání zakázky přivezli se samotnými polotovary, odpadla by takto část práce, ve které zaměstnanec musí postupně dohledávat nástroje, které potřebuje a musí si je přichystat. Pokud by se tyto nástroje před samotným procesem i přeměřily odpadl by takto i další kousek z přípravného času, což by opět snížilo výrobní čas fréz. Z tohoto ale plyne to, že by se muselo vytvořit nové pracovní místo určené přímo k tomuto. Uspora času a peněz by tady tedy měla za důsledek zvýšení nákladů skrze zaměstnání nového pracovníka.

Další možností by bylo samotné upínání polotovarů, protože se provádí tepelným upínáním (obr 13.1). V případě navržení a realizace nového universálního upínače, do kterého by se polotovary jen vkládali a přeměřila by se jen výška v ose Z. Díky tomuto by bylo ušetřeno značné množství času.

Možností zrychlení současného stavu je předchystávání nástrojů pro následující zakázku během procesu frézování. Během tohoto času má pracovník dostatek času, který se dá využít k dohledávání následujících zakázek a k předchystání nástrojů potřebných na tuto zakázku.

14. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo optimalizování výroby dvou zadaných fréz firmou Dormer Pramet Tools s.r.o. Šumperk. Tyto frézy představovali zástupce z nástrčných a stopkových fréz, které se vyrábějí přímo v Šumperku.

Během práce bylo zkoušeno více možností jak optimalizovat výrobu. Nejprve se zaměřilo na polotovary fréz. V této části byla snaha o nalezení levnějších alternativ při ponechání mechanických vlastností, které jsou při výrobě fréz u polotovaru důležitější než jejich cena. Touto cestou se ale optimalizace ubírat nemohla, z důvodu, že v porovnání mechanických vlastností a ceny se dosáhlo momentálně prakticky nejlepší varianty. Všechny ostatní procházené varianty byly vzhledem k požadovaným mechanickým vlastnostem o dost dražší, než původní materiál polotovarů.

V dalším kroku se zhodnocovaly výrobní postupy a zvažovalo se jejich zlepšení, zrychlení. Tento krok byl následně spojen s dalším, krokem (výměnou nástrojů), což vedlo u výroby nástrčné frézy k výraznému zlepšení.

Změnou nástroje používaného během výroby nástrčné frézy za nový, se dosáhlo snížení času na výrobu jednoho lůžka až o 40%. Tohoto bylo dosaženo tím, že nový nástroj umožňoval odebrání materiálu při hrubování pouze na jeden jediný přejezd. Oproti původnímu nástroji, který odebíral materiál postupně po jednotlivých přejezdech. Zároveň odpadla jedna výměna nástroje, z důvodu že nový nástroj bylo u nástrčné frézy možno použít i při následném kroku obrábění, což opět ušetřilo zhruba 30 vteřin. Výsledný ušetřený čas se tedy pohyboval zhruba na 8 minutách a 20 vteřinách. Tento čas znamenal úsporu na provozu stroje při obrábění jedné frézy 139 CZK.

Tohoto se bohužel nepodařilo s novým nástrojem dosáhnout i u stopkové frézy z důvodu menší zubové mezery, pro kterou se tento nástroj nehodil. Úspora času v tomto případě byla jen v řádech sekund a to už nebylo finančně nejvhodnější, vzhledem k cenovému rozdílu mezi nástrojem nově navrženým a původním.

V závěru práce bylo provedeno ekonomicko technologické zhodnocení s detailním porovnáním časů přes výpočty. Srovnání cen nového nástroje a původních nástrojů. A další možné návrhy na zlepšení samotné výroby, při současném stavu výroby.

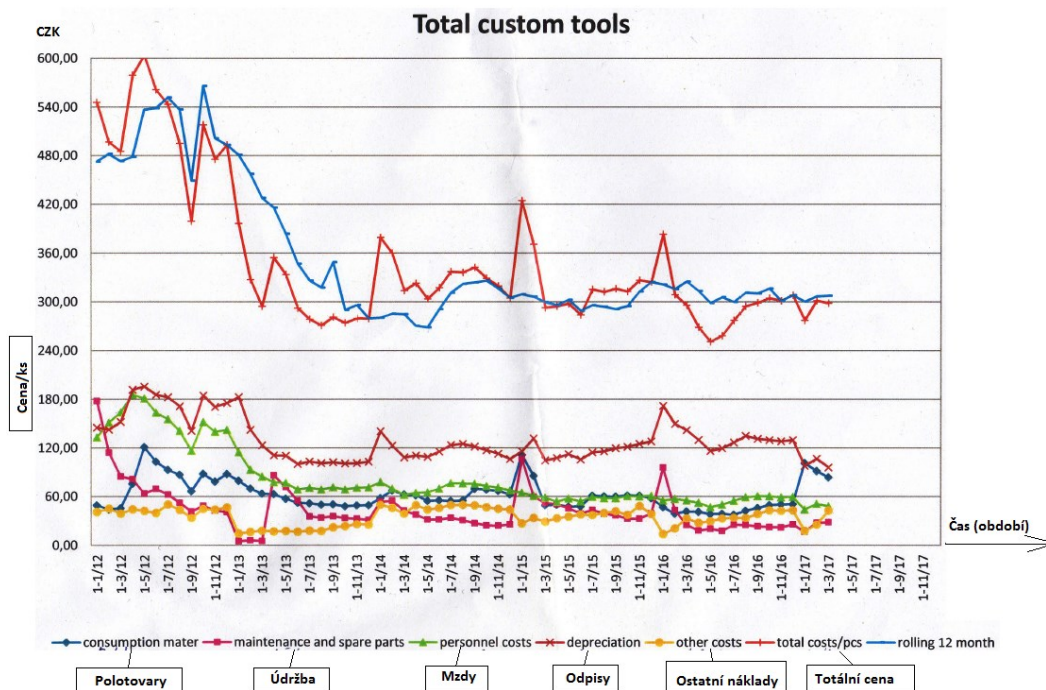
Použitá literatura:

- [1] SADÍLEK, M., DUBSKÝ, J., Obrábění I, Výběr přednášek VŠB – TUO, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie. 137 s. ISBN 978-80-248-3831-1
- [2] KOČMAN, K., PROKOP, J., Technologie výroby II, Řešené příklady, VUT Brno, Fakulta strojního inženýrství, Obor strojírenská technologie.
- [3] BRYCHTA, J., ČEP, R., NOVÁKOVÁ, J., PETŘKOVSKÁ, L., Technologie II 1.díl VŠB – TUO, 2007 126 s. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [4] BRYCHTA, J., ČEP, R., NOVÁKOVÁ, J., PETŘKOVSKÁ, L., Technologie II 2.díl VŠB – TUO, 2008, ISBN 987-80-248-1822-1.
- [5] URL <<http://zoei.sssebrno.cz/frezovani-rovinnych-ploch/>>
- [6] NĚMCOVÁ, K., DBT Základy frézování,[online]. Dostupné na World Wide Web: <http://slideplayer.cz/slide/2597287/>
- [7] DORMER PRAMET TOOLS, Katalog [online]. Dostupné na World Wide Web: <http://ecat.pramet.com/default.aspx>
- [8] MACHO, F., Osy obrábění [online].[cit. 11.12.2017] Dostupné na World Wide Web: <http://www.cnc-macho.com/>
- [9] URL <<https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1188>>
- [10] URL <<http://docplayer.cz/3447463-Zakladni-pojmy-obrabeni-rozdeleni-metod-obrabeni-pohyby-pri-obrabeni-geometrie-britu-nastroje-nastrojove-roviny-nastrojove-uhly.html>>
- [11] HERMLE AG, [online]. [cit. 15.1.2018] Dostupné na World Wide Web: <https://www.hermle.cz/cs/obr%C3%A1b%C4%9B%C3%AD_centra/modely/obr%C3%A1b%C4%9B%C3%AD_centrum_c_32>
- [12] GUHRING TOOL COMPANY [online]. [cit. 3.2.2018] Dostupné na World Wide Web: <http://www.guhring.com/SpeedsAndFeeds/SpeedFeed/ToolChart?toolType=Twist%20drills>
- [13] Interní materiál firmy Dormer Pramet Tools, s.r.o.
- [14] WALTER TOOLS, [online]. [cit. 22.4.2018] Dostupné na World Wide Web: <<https://www.walter-tools.com/en-gb/pages/default.aspx>>

Seznam příloh

- Příloha č. 1 Graf nákladů během výroby fréz
- Příloha č. 2 Nástrojový list pro stopkovou frézu
- Příloha č. 3 Srovnání frézovacích časů starého a nového nástroje
- Příloha č. 4 Nástrojový list pro nástrčnou frézu
- Příloha č. 5 Výrobní výkres stopkové frézy
- Příloha č. 6 Výrobní výkres nástrčné frézy

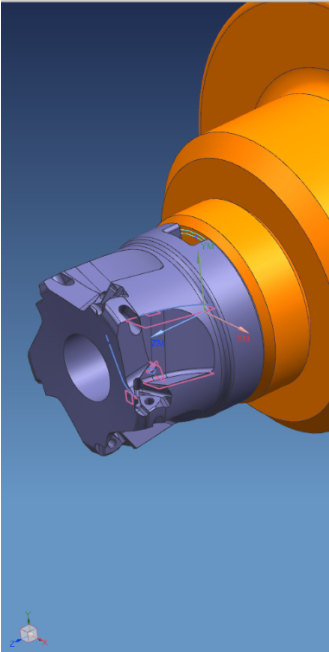
Příloha č. 1 Graf nákladů během výroby fréz



Příloha č. 2 Nástrojový list pro stopkovou frézu

[illegible]

Příloha č. 3 Srovnání frézovacích časů starého a nového nástroje



Name	T	P	Tool	Tool Description	To...	Time	Geometry	Feed	Speed
NC_PROGRAM						00:08:26			
Unused items						00:03:35			
TOOLBODY						00:04:04			
827502_MEZERA.NEW.H						00:01:07			
VC_HRUBOVANI_MEZERY..	✓		T439_FMH_4_10_10_R1_0_22_30	H3183378-10-1_SC21080	439	00:00:05	WORKPE...	399.997 mm...	2546 rpm
NEW_HRUB_ODLEHCENI_MEZERY..	✓		T439_FMH_4_10_10_R1_0_22_30	H3183378-10-1_SC21080	439	00:00:04	WORKPE...	399.997 mm...	2546 rpm
FINISH_MEZERY..	✓		T864_FMD_4_8_8_R10_13_31_1	08E4564-20A08-10_TURU_SC0880	864	00:00:13	WORKPE...	750 mmmpm	5000 rpm
NEW_FIN_ODL_MEZERY..	✓		T847_FMD_6_6_6_R0_15_20	06E6R50-15A06_MIRU_SC0680	847	00:00:09	WORKPE...	500.016 mm...	8000 rpm
OZNACENI_LUZKA						00:00:15			
OZNACENI..L	✓		T284_KFR_2_3060_5_23	03B2R50-05A06_HERU_SC0680	284	00:00:03	WORKPE...	100.008 mm...	18000 rpm
827502_MEZERA						00:02:42			
VC_HRUBOVANI_MEZERY..L	✓		T247_FMH_4_8_8_R10_13_30	08E4564-20A08-10_TURU_SC0880	247	00:00:57	TC_NB	750 mmmpm	5000 rpm
FINISH_MEZERY..	✓		T864_FMD_4_8_8_R10_13_31_1	08E4564-20A08-10_TURU_SC0880	864	00:00:15	WORKPE...	750 mmmpm	5000 rpm
HRUB_ODLEHCENI_MEZERY..	✓		T110_FMH_4_6_6_R0_16_24	06E4550-16A06_KURU_SC0680	110	00:00:28	WORKPE...	500.016 mm...	8000 rpm
FIN_ODL_MEZERY..	✓		T847_FMD_6_6_6_R0_15_20	06E6R50-15A06_MIRU_SC0680	847	00:00:14	WORKPE...	500.016 mm...	8000 rpm
827502_CHLAZENI						00:00:48			

Příloha č. 4 Nástrojový list pro nástrěnou frézu

827502_MEZERA	P1	00:02:19
VC_HRUBOVANI_MEZERY..1	✓ T247_FMH_4_8_8_R10_13_30	08E4564-20A08-10_TURU_SC0880 247 00:00:57 TC_NB 750 mmmpm 5000 rpm
FINISH_MEZERY..J	✓ T864_FMD_4_8_8_R10_13_31_1	08E4564-20A08-10_TURU_SC0880 864 00:00:15 WOR... 750 mmmpm 5000 rpm
HRUB_ODLEHCENI_MEZERY..J	✓ T110_FMH_4_6_6_R0_16_24	06E4550-16A06_KURU_SC0680 110 00:00:28 WOR... 500.016 mm... 8000 rpm
FIN_ODL_MEZERY..J	✓ T847_FMD_6_6_6_R0_15_20	06E6R50-15A06_MIRU_SC0680 847 00:00:14 WOR... 500.016 mm... 8000 rpm
VAR02_VERZE_01_90ST_V2	P2	00:08:04
VAR02_VERZE_01_90ST_V2_2		00:06:15
PLOSKA_ODLEHCENI_1_COPY_1_COPY	✓ T225_FMH_4_2_4_R0_2_6_5_15	02E4540-06.5A04-02_TURU_SC0480 225 00:00:38 TC_01 127.02 mmmpm 15000 rpm
PLOSKA_ODLEHCENI_2_NEW	✓ T154_FMH_2_1_5_4_0_R0_2_4_5_15	01.5E4540-04.5A04-02_TURU_SC0... 154 00:00:10 WOR... 216 mmmpm 18000 rpm
PLOSKA_ODLEHCENI_3_COPY_1_COPY_COPY_1	✓ T154_FMH_2_1_5_4_0_R0_2_4_5_15	01.5E4540-04.5A04-02_TURU_SC0... 154 00:00:16 WOR... 216 mmmpm 18000 rpm
VRTANI_ODLEHCENI_2_NEW	✓ T451_VM_1_1_6_3_0_U140_13_27	A6478TML-1.6_SC0380 451 00:00:07 WOR... 120 mmmpm 7000 rpm
VRTANI_ODLEHCENI_3_COPY_1_COPY	✓ T451_VM_1_1_6_3_0_U140_13_27	A6478TML-1.6_SC0380 451 00:00:04 TC_01 119.35 mmmpm 5968 rpm
VRTANI_ODLEHCENI_1_COPY_1_COPY	✓ T10_VM_1_2_6_3_0_U140_26_32	A6478TML-2.6_SC0380 10 00:00:03 TC_01 270 mmmpm 4500 rpm
HRUBOVANI_LUZKA_1_COPY_1_COPY	✓ T21_FMH_4_6_6_R0_5_7_25	06E4R60-07A06-05HYRU_SC0680 21 00:00:06 TC_01 499.992 mmmpm 6000 rpm
ODLEHCENI_LUZKA_1_COPY_1_COPY	✓ T21_FMH_4_6_6_R0_5_7_25	06E4R60-07A06-05HYRU_SC0680 21 00:00:02 TC_01 499.992 mmmpm 6000 rpm
ODLEHCENI_LUZKA_1_2_COPY_1_COPY	✓ T21_FMH_4_6_6_R0_5_7_25	06E4R60-07A06-05HYRU_SC0680 21 00:00:02 TC_01 499.992 mmmpm 6000 rpm
ODLEHCENI_LUZKA_1_4_COPY_1_COPY	✓ T21_FMH_4_6_6_R0_5_7_25	06E4R60-07A06-05HYRU_SC0680 21 00:00:01 TC_01 499.992 mmmpm 6000 rpm
HRUBOVANI_LUZKA_1_2_COPY_1_COPY	✓ T836_FMH_4_3_3_R03_09_20	03E4540-09A03-03TURU_SC0380 836 00:00:06 TC_01 400.02 mmmpm 15000 rpm
HRUBOVANI_LUZKA_1_3_COPY_1_COPY	✓ T836_FMH_4_3_3_R03_09_20	03E4540-09A03-03TURU_SC0380 836 00:00:07 TC_01 400.02 mmmpm 15000 rpm
ODLEHCENI_LUZKA_VRCH_1_COPY_1_COPY	✓ T126_MFK_H_2_1_5_4_R0_75_3_15	01.5B2R40-03A04 KERU_SC0480 126 00:00:22 TC_01 180 mmmpm 18000 rpm
ODLEHCENI_LUZKA_VRCH_1_2_COPY_1_COPY	✓ T126_MFK_H_2_1_5_4_R0_75_3_15	01.5B2R40-03A04 KERU_SC0480 126 00:00:23 TC_01 180 mmmpm 18000 rpm
ODLEHCENI_1_4_COPY_1_COPY	✓ T154_FMH_2_1_5_4_0_R0_2_4_5_15	01.5E4540-04.5A04-02_TURU_SC04... 154 00:00:06 TC_01 216 mmmpm 18000 rpm
ODLEHCENI_ZAVITU_ZESPOD_V2_COPY	✓ T284_KFR_2_3060_5_23	03B2R50-05A06_HERU_SC0680 284 00:00:17 TC_01 1000.008 mm... 18000 rpm
ODLEHCENI_LUZKA_SPODEK_1_2_COPY_1_COPY	✓ T126_MFK_H_2_1_5_4_R0_75_3_15	01.5B2R40-03A04 KERU_SC0480 126 00:00:18 TC_01 180 mmmpm 18000 rpm
ODLEHCENI_LUZKA_SPODEK_1_6_COPY_1_COPY	✓ T126_MFK_H_2_1_5_4_R0_75_3_15	01.5B2R40-03A04 KERU_SC0480 126 00:00:03 TC_01 180 mmmpm 18000 rpm
ODLEHCENI_LUZKA_SPODEK_1_7_COPY_1_COPY	✓ T126_MFK_H_2_1_5_4_R0_75_3_15	01.5B2R40-03A04 KERU_SC0480 126 00:00:03 TC_01 180 mmmpm 18000 rpm
ODLEHCENI_LUZKA_SPODEK_1_5_COPY_2_COPY	✓ T126_MFK_H_2_1_5_4_R0_75_3_15	01.5B2R40-03A04 KERU_SC0480 126 00:00:34 TC_01 180 mmmpm 18000 rpm
ODLEHCENI_LUZKA_SPODEK_1_5_COPY_COPY_1	✓ T126_MFK_F_2_1_5_4_R0_75_3_15	01.5B2R40-03A04 KERU_SC0480 127 00:00:35 TC_01 180 mmmpm 18000 rpm
NAVRTANI_LUZKA_1_COPY_1_COPY	✓ T321_NAVRT_4_4_U142_20	T321_00546-4.000_GUHRING_SC04... 321 00:00:02 TC_01 100 mmmpm 8000 rpm
VRTANI_LUZKA_1_COPY_1_COPY	✓ T9_VM_1_2_1_3_0_U140_21_34	A6478TML-2.1_SC0380 9 00:00:05 TC_01 100 mmmpm 8000 rpm
ZAVIT_LUZKA_1_COPY_1_COPY	✓ T14_ZV_3_M2_5_28_P0_45_10_32	2021763-M2.5_F3150G24.1.44 14 00:00:08 TC_01 45 mmpr 166 rpm
DOTAHY_OBA_DRO_0_PRO_05_NEWV4	✓ T260_FMD_4_3_3_R03_09_20	03E4540-09A03-03TURU_SC0380 260 00:00:23 WOR... 150 mmmpm 7400 rpm
FINISHI_LUZKA_DNO_DL0_0_COPY_1_COPY	✓ T260_FMD_4_3_3_R03_09_20	03E4540-09A03-03TURU_SC0380 260 00:00:09 TC_01 299.992 mmmpm 11000 rpm
827503_CHLAZENI	P3	00:00:48
PLOSKA_CHLAZENI	✓ T154_FMH_2_1_5_4_0_R0_2_4_5_15	01.5E4540-04.5A04-02_TURU_SC04... 154 00:00:11 TC_NB 400.02 mmmpm 15000 rpm
VRTANI_CHLAZENI_1_2	✓ T93_VM_1_2_0_3_0_U140_35_45	A6789AMP-2_0_SC0380 93 00:00:12 TC_NB 133.68 mmmpm 4456 rpm
OZNACENI_LUZKA	P4	00:00:15
OZNACENI..L	✓ T284_KFR_2_3060_5_23	03B2R50-05A06_HERU_SC0680 284 00:00:03 TC_NB 100.008 mmmpm 18000 rpm

50A05R_S90TN10_C
x:\Frezy\50A05R_S90TN10_C\

TB3

Kobylika

X:_Programy\HERMLE\HERMLE\FREZY\860275xx\86027502\827502_1L\827502_1L

Příloha č. 5 Výrobní výkres stopkové frézy

